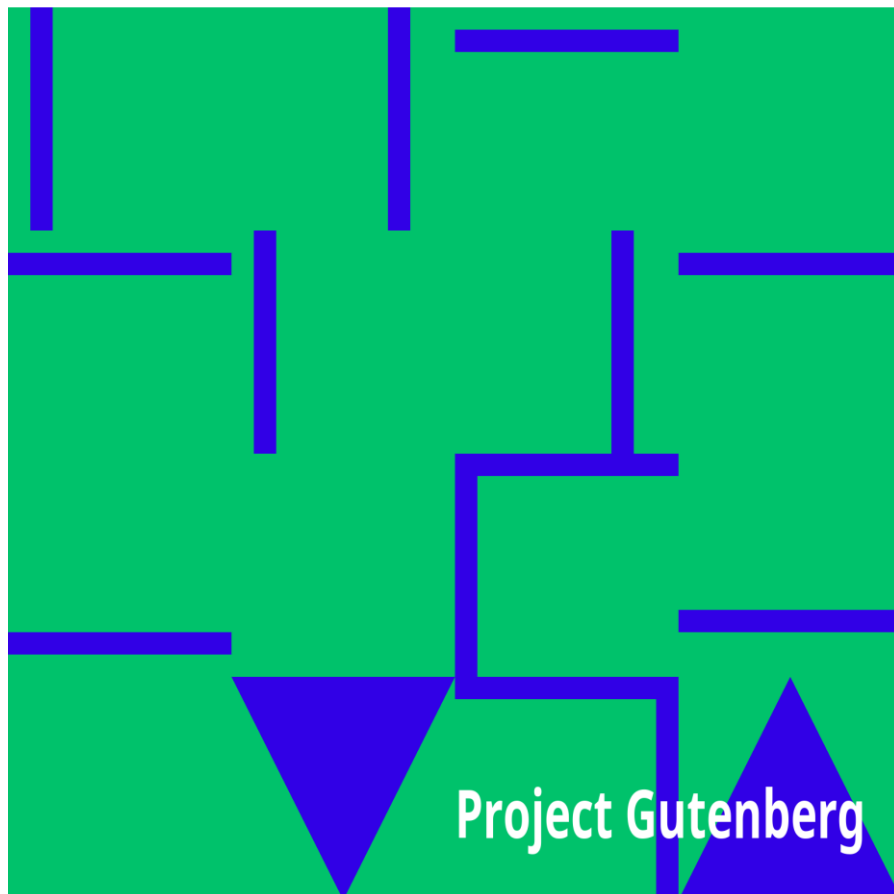


Эфир пространства

Сэр Оливер Лодж

The Ether of Space

Sir Oliver Lodge



Электронная книга проекта "Гутенберг" о космическом эфире

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Космический эфир

Автор: Сэр Оливер Лодж

Дата выхода: 2 октября 2012 г. [Электронная книга № 40911]

Последнее обновление: 23 октября 2024 г.

Язык: Английский

В титрах: Продюсерами выступили Барбара Тозиер, Марк Янг, Билл Тозиер и команда онлайн-корректоров на <http://www.pgdp.net>

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ЭФИР ПРОСТРАНСТВА" ***

Библиотека *живой мысли* Харпера



"Wie Alles sich zum Ganzen webt Eins in dem andern wirkt und lebt!"

THE ETHER
OF
SPACE

BY
SIR OLIVER
LODGE, F.R.S.

HARPER &
BROTHERS
LONDON & NEW YORK

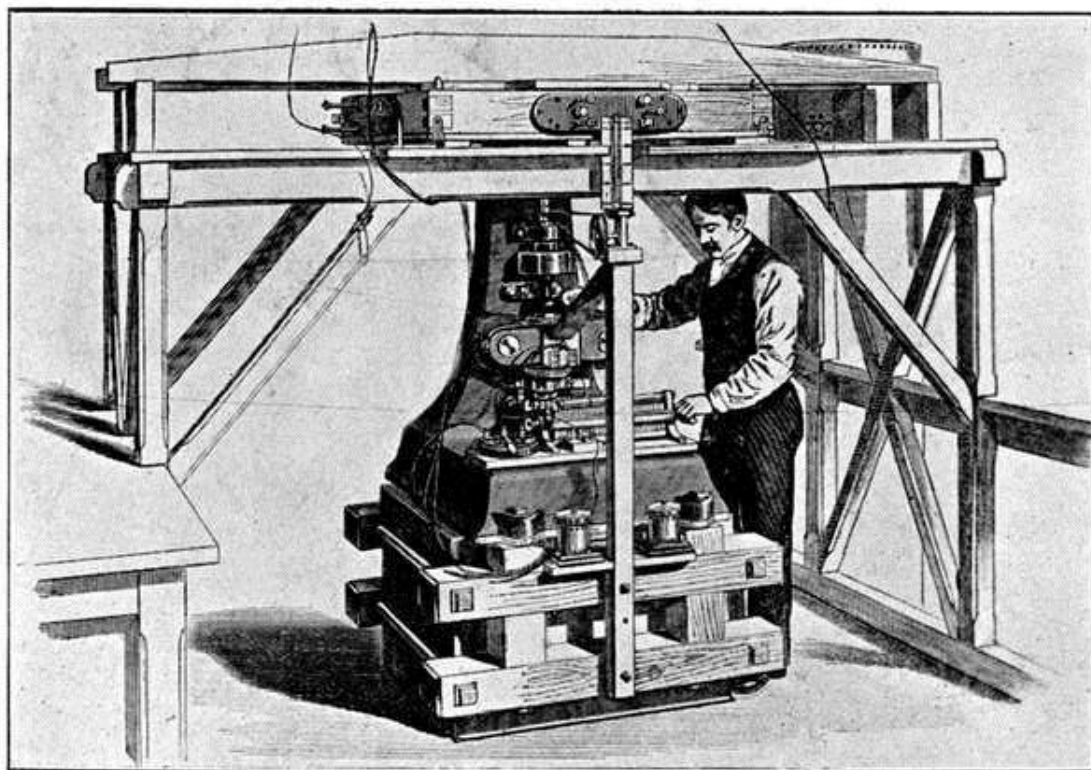


Рис. 15. Вид

эфирной машины в сборе и в действии.

(См. Главу [V](#) и рис. [12](#) и [13](#).)

Фронтиспис

ЭФИР ПРОСТРАНСТВА

АВТОР: СЭР ОЛИВЕР ЛОДЖ, Ф.Р.С.

D.Sc. Лонд., distinguished doctor of sciences Oxon. et Vict. Доктор права Сент-Эндрюса, Глазго и Абердина, вице-президент Института инженеров-электриков Рамфорда, лауреат Королевского общества, экс-президент Лондонского физического общества, ныне покойный профессор физики Университетского колледжа Ливерпуля, Почетный член Американского философского общества Филадельфии; Манчестерского философского общества; Батавского общества Роттердама; и Академии наук Болоньи

Директор Бирмингемского университета

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ
ЛОНДОН И НЬЮ-ЙОРК
HARPER & BROTHERS
АЛБЕМАРЛ-СТРИТ, 45, W.
1909

Авторское право, 1909, издательство Harper & Brothers
Все права защищены

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исследование природы и свойств пространственного эфира долгое время было для меня самой увлекательной областью физики, и я приветствую возможность попытаться сделать общеизвестными выводы, к которым я к настоящему времени пришел по этому великому и, возможно, неисчерпаемому предмету.

ОЛИВЕР ЛОДЖ.

Бирмингемский университет,
март 1909 г..

ПОСВЯЩАЕТСЯ ОСНОВАТЕЛЯМ
УНИВЕРСИТЕТСКОГО КОЛЛЕДЖА ЛИВЕРПУЛЯ,
ОСОБЕННО ТЕМ, КТО НОСИТ ИМЕНА
РЭТБОУНА И ХОЛТА
ЭТА КНИГА

Содержание

ГЛАВА	СТРАНИЦА
Введение. Общий и исторический	xi
I. Светоносный эфир и современная теория света	1
II. Межзвездный эфир как связующая среда	13
III. Влияние движения на различные явления	29
IV. Эксперименты с эфиром	44
V. Специальный эксперимент по вязкости эфира	67
VI. Плотность эфира	80

VII.	Дальнейшие пояснения относительно плотности и энергии эфира	87
VIII.	Эфир и материя	98
IX.	Сила эфира	115
X.	Общая теория аберраций	127
	Приложение 1. О гравитации и напряжении эфира	143
	Приложение 2. Расчеты в связи с плотностью эфира	146
	Приложение 3. Закон Френеля как частный случай универсальной потенциальной функции	152

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

РИС. *Иллюстрации аберрации.*

1.	Пушечные выстрелы	35
2.	Лодки или волны	36
3.	Лучи маяка	37
4.	Луч через движущийся слой	40
5.	Фронты волн в движущейся среде	41
6.	Нормальное отражение в движущейся среде	43
	<i>Эксперименты по эфирному дрейфу.</i>	
7.	Интерференционный калейдоскоп	51
8.	Эксперимент Хука	53
9.	Эксперимент Маскарта и Джеймина	54
10.	Схема эксперимента Майкельсона	61
	<i>Иллюстрации эфирной машины (Лодж).</i>	
11.	Схема прохождения света	69
12.	Общий вид вращающейся части Эфирной машины	72
13.	Общий вид оптической рамки	73
14.	Чертеж оптических деталей	74
15.	Вид Эфирной машины в действии	<i>Фронтиспис</i>
16.	Внешний вид интерференционных полос и микрометрических проволок	76
17.	Железная масса для намагничивания	77
18.	Внешний вид полос	76
19.	Устройство электрификации	78

Введение

"Эфир или Ether (αἴηρ, вероятно, от αἶθω "Я горю") - материальная субстанция более тонкого типа, чем видимые тела, предположительно существующая в тех частях пространства, которые кажутся пустыми".

Так начинается статья "Эфир", написанная Джеймсом Клерком Максвеллом для девятого издания *Британской энциклопедии*.

Происхождение этого слова, по-видимому, указывает на некоторую связь в умах людей с идеей Огня: три других "элемента", Земля, Вода, Воздух, представляют твердое, жидкое и газообразное состояния обычной материи соответственно. Название "Эфир" предполагает гораздо более тонкую, проникающую внутрь и сверхматериальную субстанцию.

Ньютон использует этот термин для обозначения среды, заполняющей пространство — не только пространство, которое кажется пустым, но и пространство, которое кажется полным; поскольку светонесущий эфир, несомненно, должен проникать между атомами — должен существовать, так сказать, в порах — каждого прозрачного вещества, иначе свет не мог бы проходить сквозь него. Ниже приводится выдержка из предположений Ньютона относительно этой среды:—

"П. 18. Если в двух перевернутых больших стеклянных сосудах цилиндрической формы подвесить два маленьких термометра так, чтобы они не касались Сосудов, и выпустить воздух из одного из этих сосудов, а подготовленные таким образом сосуды перенести из холодного места в теплое; термометр *в вакууме* нагреется так же сильно и почти так же быстро, как термометр, который не находится *в вакууме*. А когда сосуды перенесут обратно в холодное место, Термометр *в вакууме* остынет почти так же быстро, как и другой термометр. Разве тепло теплой Комнаты не передается через Вакуум за счет Колебаний гораздо более тонкой Среды, чем Воздух, который после того, как Воздух был удален, остался в Вакууме? И разве это не Среднее же с тем средство, с помощью которого свет [передается], и которого Вибрации свет взаимодействует тепла для тела?... И разве Вибрации этой Среды в горячих Телах не способствуют интенсивности и продолжительности их Нагрева? И разве горячие Тела не передают свое Тепло соседним холодным телам посредством Колебаний этой Среды, распространяющихся от них к холодным телам? И не является ли эта Среда чрезвычайно более разреженной и тонкой, чем Воздух, и чрезвычайно более эластичной и активной? И не проникает ли она с готовностью во все тела? И разве он (благодаря своей упругой силе) не простирается через все Небеса?"

"Вопрос 22. Не могут ли Планеты и Кометы и все грубые Тела совершать свои движения более свободно и с меньшим сопротивлением в этой Эфирной Среде, чем в любой Жидкости, которая адекватно заполняет все Пространство, не оставляя никаких Пор, и, следовательно, намного плотнее, чем Быстрорастворимое серебро и Золото? И не может ли его сопротивление быть настолько малым, что на него просто нельзя обратить внимания? Например; если предположить, что этот *Эфир* (ибо я буду называть его именно так) в 700000 раз эластичнее нашего Воздуха и более чем в 700000 раз более разреженный; его сопротивление было бы более чем в 600000000 раз меньше, чем у Воды. И столь малое

сопротивление вряд ли внесло бы какие-либо ощутимые изменения в Движение Планет за десять тысяч лет".

То, что эфир, если таковой существует в космосе, может легко проникать в материю или через нее, часто доказывается наклоном ртутного барометра, когда ртуть поднимается, заполняя прозрачный вакуум. Все указывает на его универсальную проницаемость, если она вообще существует.

Но это, в конце концов, античные мысли. Электрическая и магнитная информация вывела нас за их пределы в область большей уверенности и знания; так что теперь я могу отстаивать взгляд на Эфир, который делает его не только равномерно присутствующим и всепроникающим, но также массивным и субстанциональным за пределами представления. Оказывается, это, безусловно, самая существенная вещь — возможно, единственная существенная вещь — в материальной вселенной. По сравнению с эфиром самая плотная материя, такая как свинец или золото, представляет собой тончайшую структуру; как хвост кометы или млечный путь, или как соль в очень разбавленном растворе.

Чтобы развить и обосновать идею реальности, субстанциональности и огромной, хотя пока еще в значительной степени непризнанной важности Космического Эфира, были написаны следующие главы. Некоторые из них представляют собой расширенные конспекты лекций, которые были прочитаны в различных местах, главным образом в Королевском институте; в то время как первая глава представляет собой лекцию перед Эшмоловским обществом Оксфордского университета в июне 1889 года. Одна глава (а именно. Глава I. II) уже была напечатана как часть приложения к третьему изданию *"Современных взглядов на электричество"*, а также в *"Двухнедельных"* и *"североамериканских обзорах"*; но другие главы еще не опубликованы, хотя части в более проработанной форме публикуются в *"Трудах ученых обществ"*.

Проблема строения Эфира и способа, которым его части модифицируются для образования атомов или других составляющих единиц обычной материи, еще не решена. Большая работа была проделана в этом направлении различными математиками, но многое еще предстоит сделать. И пока это не сделано, некоторый скептицизм является разумным — возможно, похвальным. Между тем мало найдется физиков, которые не согласятся с предпоследним предложением Клерка Максвелла в статье "Эфир", начало которой уже цитировалось:—

"Какие бы трудности мы ни испытывали при формировании последовательного представления о строении эфира, не может быть никаких сомнений в том, что межпланетные и межзвездные пространства не пусты, а заняты материальной субстанцией или телом, которое, безусловно, является самым большим и, вероятно, наиболее однородным телом, о котором мы имеем какие-либо знания".

ЭФИР ПРОСТРАНСТВА

ГЛАВА I

СВЕТОНОСНЫЙ ЭФИР И СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ СВЕТА

Старейшей и наиболее известной функцией эфира является передача света, и поэтому к нему было применено название "светоносный"; хотя в настоящее время известно гораздо больше функций, и почти наверняка будут открыты новые.

Для начала лучше всего узнать все, что мы можем, о свойствах Межзвездного эфира, из явлений Света.

Вот уже почти столетие у нас есть волновая теория света; а волновая теория света, безусловно, верна. Непосредственно доказуемо, что свет состоит из волн того или иного вида и что эти волны распространяются с определенной, хорошо известной скоростью, каждую секунду преодолевая расстояние, равное семи размерам окружности земли; от Нью-Йорка до Лондона и обратно за тридцатую долю секунды; и путь от солнца до земли занимает всего восемь минут. Это распространение во времени волнового возмущения обязательно включает среду. Если волны, исходящие от солнца, существуют в космосе за восемь минут до того, как ударить нам в глаза, то в космосе обязательно должна существовать какая-то среда, в которой они существуют и которая их передает. Волн у нас быть не может, если только это не волны в чем-то.

Никакая обычная материя не способна передавать волны со скоростью, близкой к скорости света: скорость, с которой *материя* передает волны, равна скорости звука, то есть скорости, сравнимой с одной миллионной скорости света. Следовательно, светоносная среда должна быть особого рода субстанцией; и она называется эфиром. Раньше его называли *светоносным* эфиром, потому что тогда было известно, что он способен только на передачу света; но теперь, когда известно, что он способен выполнять и множество других функций, уточняющее прилагательное может быть опущено. Но поскольку термин "эфир" также применяется к известному органическому соединению, мы можем выделить сверхматериальную светоносную среду, назвав ее Пространственным эфиром.

Волновым движением в эфире, безусловно, является свет; но что подразумевается под термином "волна"? Я полагаю, популярно представление о том, что что-то вздымается вверх и вниз или, возможно, что-то разбивается о берег. Но если вы спросите математика, что он подразумевает под волной, он, вероятно, ответит, что наиболее общая волна - это такая функция от x и y и t , которая удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$d^2y / dt^2 = (v^2) d^2y / dx^2;$$

в то время как простейшая волна - это

$$y = a \sin (x - vt).$$

И он, возможно, откажется дать какой-либо другой ответ.

И, отказываясь давать какой-либо другой ответ, кроме этого, или его эквивалент обычными словами, он полностью оправдан; это *и есть* то, что подразумевается под термином "волна", и ничто менее общее не было бы всеобъемлющим.

В переводе на обычный английский эта фраза с точностью и всеобъемлющей полнотой обозначает все подробности "периодического возмущения как в пространстве, так и во времени". Все, что имеет такой двойной период, является волной; и все волны — будь то в воздухе в виде звуковых волн, или в эфире в виде световых волн, или на поверхности воды в виде океанских волн — могут быть охвачены этим определением.

Какие свойства необходимы для среды, способной передавать волновое движение? Грубо говоря, мы можем сказать два: *упругость* и *инерция*. Эластичность в той или иной форме или ее эквивалент, — для того, чтобы иметь возможность накапливать энергию и производить отдачу; инерция, — для того, чтобы позволить возмущенному веществу превышать отметку и колебаться за пределами своего места равновесия взад и вперед. Любая среда, обладающая этими двумя свойствами, может передавать волны, и если среда не обладает этими свойствами в той или иной форме или каким-либо эквивалентом им, можно с умеренной уверенностью сказать, что она не способна передавать волны. Но если мы делаем это последнее утверждение, то нужно быть готовым распространить на термины "эластичность" и "инерция" их самое широкое значение, чтобы включить в них любой возможный вид восстанавливающей силы и любой возможный вид сохранения движения соответственно.

Эти вопросы можно проиллюстрировать многими способами, но, возможно, достаточно простой нагруженной планки или пружины в тисках. Потяните его в сторону, и его эластичность заставит его отскочить; отпустите его, и его инерция заставит его отклониться от своего нормального положения. Вот что такое инерция — способность превышать отметку, или, точнее, способность какое-то время двигаться даже вопреки движущей силе, - способность мчаться в гору. Обе причины вместе заставляют его раскачиваться взад и вперед, пока его энергия не иссякнет. Это просто периодическое по времени возмущение. Регулярная серия таких пружин, установленных через равные промежутки времени и начинающих вибрировать через равные промежутки времени одна за другой, была бы периодической и в пространстве; и поэтому они, будучи разрозненными, олицетворяли бы волну. Серия маятников подойдет точно так же, и, если их раскачивать упорядоченным образом, они сразу же представят пример и видимость волнового движения, которое самый случайный наблюдатель должен распознать как таковое. Ряд пружин, очевидно, обладает упругостью и инерцией; и любая среда, передающая волны, должна аналогичным образом обладать некоторой формой упругости и некоторой формой инерции.

Но теперь перейдем к вопросу, что это за Эфир, который в случае света таким образом вибрирует? Что соответствует упругому смещению и отдаче пружины или маятника? Что соответствует инерции, из-за которой он превышает свою отметку? Знаем ли мы эти свойства эфира каким-либо другим способом?

Ответ, данный сначала клерком Максвеллом, а теперь подтвержденный экспериментами, проводимыми во всех важных лабораториях мира, таков:

Упругое смещение соответствует электростатическому заряду, грубо говоря, электричеству. Инерция соответствует магнетизму.

Это основа современной электромагнитной теории света.

Позвольте мне попытаться проиллюстрировать значение этого утверждения, рассмотрев некоторые фундаментальные электрические факты в свете следующих аналогий:—

Старая и привычная операция зарядки лейденской банки — накопление энергии в напряженном диэлектрике — любая электростатическая зарядка бы то ни было, вполне аналогична растягиванию нашей гибкой пружины. Он использует эластичность эфира для создания тенденции к отдаче. Отпускание пружины аналогично разрешению разрядить банку — позволяя напряженному диэлектрику восстановиться — электростатическое возмущение спадает.

Почти во всех экспериментах по электростатике проявляется упругость эфира.

Затем рассмотрим инерцию. Как бы проиллюстрировать тот факт, что вода, например, обладает инерцией - способностью продолжать движение, преодолевая препятствия, — способностью обладать кинетической энергией? Самым прямым способом было бы набрать струю воды и попытаться внезапно остановить ее. Свободно откройте водопроводный кран, а затем внезапно закройте его. Импульс остановленной воды проявляется в сильном ударе по трубе, с которым, должно быть, знакомы все. Этот импульс воды используется инженерами в "водяном таране".

Точно аналогичный эксперимент в области электричества - это то, что Фарадей назвал "дополнительным током". Пропустите ток через катушку проволоки вокруг куска железа или воспользуйтесь любым другим устройством для создания мощного магнетизма, а затем внезапно остановите ток, разорвав цепь. Если остановка происходит достаточно внезапно, возникает сильная вспышка, которая означает разрыв изолирующей воздушной перегородки под действием накопленного электромагнитного импульса. Научное название этой электрической инерции - "самоиндукция".

Вкратце мы можем сказать, что почти все электромагнитные эксперименты иллюстрируют факт эфирной инерции.

Теперь вернемся к рассмотрению того, что происходит, когда заряженный проводник (скажем, лейденская банка) разряжается. Отдача напряженного диэлектрика вызывает ток, инерция этого тока заставляет его превышать отметку, и на мгновение заряд банки меняется на противоположный; теперь ток течет в обратном направлении и заряжает банку, как и вначале; снова течет ток; и так далее, заряжая и меняя заряд с быстрыми колебаниями, пока вся энергия не будет рассеяна в тепло. Эта операция в точности аналогична отпуску натянутой пружины или перебиранию натянутой струны.

Но разряжающееся тело, подвергнутое таким образом сильной электрической вибрации, погружено во всепроникающий эфир; и мы только что видели, что эфир обладает двумя свойствами, необходимыми для генерации и передачи волн, а именно: эластичностью и инерцией, или плотностью; следовательно, точно так же, как камертон, вибрирующий в воздухе, возбуждает воздушные волны, или звук, так и разряжающаяся лейденская банка в эфире возбуждает эфирные волны, или свет.

Следовательно, эфирные волны действительно могут быть созданы прямыми электрическими средствами. Я разряжаю здесь банку, и комната на мгновение наполняется светом. Я говорю о свете, хотя вы ничего не можете видеть. Вы действительно можете видеть и слышать искру — но это всего лишь вторичное возмущение, которое мы можем пока игнорировать — я не имею в

виду никакого вторичного возмущения. Я имею в виду истинные эфирные волны, излучаемые электрическими колебаниями, происходящими по соседству с наматывающимся диэлектриком. Вы отводите в сторону зубец камертона и отпускаете его: возникает вибрация и возникает звук. Вы заряжаете лейденскую банку и даете ей разрядиться: возникает вибрация и возбуждается свет.

Это свет, такой же хороший, как любой другой свет. Оно движется с той же скоростью, отражается и преломляется по тем же законам; любой эксперимент, известный оптике, может быть проведен с этим эфирным излучением, создаваемым электрическим способом, — и все же вы не можете его увидеть. Почему бы и нет? Если свет не виноват, то виноват (если он есть) глаз. Сетчатка неспособна реагировать на эти вибрации — они слишком медленные. Вибрации, возникающие при разряде этого большого сосуда, составляют от ста тысяч до миллиона в секунду, но это слишком медленно для сетчатки. Она реагирует только на колебания от 400 до 700 миллиардов в секунду. Вибрации слишком быстрые для уха, которое реагирует только на колебания от 40 до 40 000 в секунду. Между самыми высокими слышимыми и самыми низкими видимыми вибрациями до сих пор существовал большой промежуток, который эти электрические колебания далеко не исчерпывают. Произошел большой разрыв просто потому, что у нас нет промежуточного органа чувств, способного улавливать частоту вибраций от 40 000 до 400 000 000 000 000 000 в секунду. Следовательно, это была неизведанная территория. Волны были там все время в любом количестве, но мы не думали о них и не обращали на них внимания.

Случилось так, что мне самому удалось добиться настолько медленных электрических колебаний, что их можно было услышать, — наименьшее значение, которое я получил в 1889 году, составляло 125 колебаний в секунду, и при некотором превышении этого значения искры издают музыкальную ноту; но никому еще не удавалось непосредственно производить электрические колебания, которые были бы видны, — хотя косвенно это удается каждому, когда зажигают свечу.

Однако легко создать электрический генератор, который вибрирует 300 миллионов раз в секунду и излучает эфирные волны длиной в ярд. Теперь заполнен весь диапазон вибраций от музыкальных тонов до нескольких тысяч миллионов в секунду.

Благодаря большим конденсаторам и самоиндукции, используемым в современной кабельной телеграфии, легко получить серию красиво правильных и постепенно затухающих электрических колебаний с периодом в две-три секунды, регистрируемых обычным сигнальным прибором или сифонным самописцем.

Эти электромагнитные волны в космосе были известны теоретически еще с 1865 года, но интерес к ним чрезвычайно возрос после открытия их приемника или детектора. Великое, хотя и простое открытие Герцем в 1888 году "электрического глаза", как назвал его лорд Кельвин, впервые сделало эксперименты с этими волнами легкими или даже возможными. С того времени у нас появился своего рода искусственный орган чувств для их восприятия — электрическое устройство, которое может виртуально "видеть" эти промежуточные уровни вибрации.

С тех пор Бранли обнаружил, что металлический порошок может быть использован в качестве чрезвычайно чувствительного детектора; и на основе этого открытия "когерер" использовался мной для передачи сигналов на расстоянии с помощью электрических или эфирных волн; до

настоящего времени, когда в различных системах беспроводной телеграфии доступно множество других детекторов.

С этими волнами Герца можно проводить всевозможные оптические эксперименты. Они могут отражаться простыми листами металла, концентрироваться параболическими отражателями, преломляться призмами и концентрироваться линзами. Я изготовил, например, большую линзу из смолы весом более трех центнеров для фокусировки.^[1] Их можно создать для демонстрации явления интерференции и, таким образом, точно измерить длину волны. Они останавливаются всеми проводниками и передаются всеми изоляторами. Металлы непрозрачны; но даже несовершенные изоляторы, такие как дерево или камень, поразительно прозрачны; и волны могут поступать в одну комнату от источника в другой, дверь между ними закрыта.

Истинная природа металлической непрозрачности и прозрачности давно была ясна в теории света Максвелла, и эти электрически генерируемые волны лишь иллюстрируют хорошо известные факты. Эксперименты Герца являются, по сути, апофеозом теории Максвелла.

Таким образом, блестящее восприятие или математическая дедукция клерка Максвелла в 1865 году истинной природы света полностью оправданы во всех отношениях; и впервые у нас есть истинная теория света, которая больше не основана на аналогии со звуком или на предполагаемых свойствах некоего гипотетического желе или упругого твердого тела, но может быть рассмотрена на собственной существенной основе в союзе с науками об электричестве и магнетизме.

Свет - это электромагнитное возмущение эфира. Оптика - это отрасль электричества. Нерешенные проблемы в оптике быстро решаются теперь, когда у нас есть средства определения возбуждающего света с полным пониманием того, что мы делаем, и точного режима его вибрации.

Осталось выяснить, как уменьшить волны - ускорить вибрацию до тех пор, пока свет не станет видимым. Не требуется ничего, кроме более быстрых режимов вибрации. Необходимо использовать осцилляторы меньшего размера — очень маленькие — осцилляторы размером не намного больше молекулы. По всей вероятности — можно сказать, почти наверняка — обычный свет является результатом электрических колебаний в молекулах или атомах горячих тел, а иногда и тел не горячих — как в явлении фосфоресценции.

Прямое генерирование *видимого* света электрическими средствами, как только мы научимся достигать необходимой частоты вибрации, будет иметь важнейшие практические последствия; и этот вопрос первоначально рассматривается в разделе о производстве света, § 149, главы XIV книги "*Современные взгляды на электричество*". Но здесь мы оставляем дальнейшее рассмотрение этого аспекта нашей великой темы.

ГЛАВА II

МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ЭФИР КАК СВЯЗУЮЩАЯ СРЕДА

До сих пор я давал общее представление о современном состоянии волновой теории света, как с ее теоретической, так и с экспериментальной сторон. Волны света не являются чем-то механическим или материальным, но представляют собой нечто электрическое и магнитное — фактически они представляют собой электрические возмущения, периодические в пространстве и времени и распространяющиеся с известной и огромной скоростью через пространственный эфир. Само их существование зависит от эфира, и скорость их распространения является его наиболее известным и наиболее определенным количественным свойством.

Утверждение такого рода изначально не выражает и десятой доли наших знаний по предмету; и при этом наши знания не исчерпывают какой-либо значительной части области обнаруживаемых фактов; но сделанное выше утверждение можно рассматривать как определенное, хотя отсутствие механики или обычной динамики выводит его, или кажется, что выводит, из категории исторически наиболее обоснованного и лучше всего проработанного раздела физической науки, а именно. это исследовано ньютоновским методом. Хотя, по правде говоря, есть все основания предполагать, что в этих современных разработках с нами должен был быть Ньютон.

Я полагаю, существует общая тенденция недооценивать определенность некоторых убеждений, к которым постепенно пришли натурфилософы в ходе своего изучения природы; особенно когда эти убеждения относятся к чему-то неосязаемому и оккультному. Например, существование непрерывной заполняющей пространство среды, вероятно, рассматривается большинством образованных людей как более или менее причудливая гипотеза, плод научного воображения, способ сопоставления и объединения воедино определенного количества наблюдаемых фактов, но ни в каком физическом смысле не является реальностью, как вода и воздух.

Я говорю чисто физически. Может быть и другая точка зрения, с которой можно отрицать всю материальную реальность, но к этим вопросам физика как таковая не имеет никакого отношения; она принимает свидетельства органов чувств, рассматривая их как инструменты, с помощью которых человек может надеяться понять один определенный аспект вселенной; и она оставляет философам, вооруженным из другого арсенала, другие аспекты, которыми материальная вселенная может — нет, должна — обладать.

Под физическим "объяснением" подразумевается четкое изложение факта или закона в терминах чего-то, с чем мы знакомы в повседневной жизни. Мы все в основном знакомы с юности с двумя, казалось бы, простыми вещами: *движением* и *силой*. У нас есть прямое представление об обеих этих вещах. Мы не понимаем их каким-либо глубоким образом, возможно, мы вообще их не понимаем, но мы привыкли к ним. Движение и сила являются нашими первичными объектами опыта и сознания; и в терминах них все другие, менее знакомые явления, предположительно, могут быть описаны и постигнуты. Всякий раз, когда что-то может быть сформулировано так ясно и определенно, говорят, что это объяснено или понято; говорят, что у нас есть "динамическая теория" этого. Все, что не соответствует этому, может быть предварительной или частичной теорией, объяснением менее известного в терминах

более известного, но Движение и Сила постулируются в физике как полностью известные, и не предпринимается никаких попыток расширить термины объяснения дальше этого. Динамическая теория признается одновременно необходимой и достаточной.

Итак, следует сразу признать, что в настоящее время мы располагаем таким динамичным объяснением очень немногих вещей. У нас нет такого объяснения, например, материи, или гравитации, или электричества, или эфира, или света. Всегда возможно, что некоторым таким вещам никогда не будет дано чисто динамического объяснения, потому что, возможно, здесь существенно замешано нечто большее, чем движение и сила. Тем не менее, физика вынуждена доводить поиск объяснения до самых крайних пределов; и до тех пор, пока она не обманывает себя расплывчатостью и простыми фразами — слабостью, против которой ее лидеры мощно, а иногда и жестоко стоят на страже, предпочитая рискнуть отвергнуть достойные идеи, чем допустить полупринятие чего-либо причудливого и темного, — до тех пор, пока она энергично исследует все явления в пределах своей досягаемости, стремясь свести их физический аспект к понятиям движения и силы, — до тех пор, пока она должна быть на безопасном пути. И из—за своей неспособности разобраться с определенными явлениями она узнает — она уже начинает подозревать, ее лидеры, должно быть, давно догадались - о существовании какой-то третьей, пока неизвестной категории, включив которую, физика будущего может подняться на более высокий уровень и расширить сферу применения.

Я сказал, что вещи, которые мы постоянно осознаем, — это движение и сила, но есть и третья вещь, с которой мы точно так же соприкасались всю нашу жизнь, и которую мы знаем даже в первую очередь, хотя, возможно, мы настолько погружены в нее, что наше знание осознается позже, а именно. жизнь и разум. Я сейчас не претендую на определение этих терминов или на рассуждение о том, являются ли вещи, которые они обозначают, по существу одним, а не двумя. Они *существуют* в том смысле, в каком мы позволяем себе использовать это слово, и они еще не включены в физику. Пока они есть, они могут оставаться более или менее расплывчатыми; но как и когда они могут быть включены, не мне даже строить догадки.

Тем не менее, физик может заявить, какой ему видится вселенная в ее широком характере и физическом аспекте. Если бы я предпринял такую попытку, я счел бы необходимым ради ясности начать с простейших и наиболее фундаментальных идей; чтобы проиллюстрировать фактами и понятиями из универсального знания тот процесс, который по существу происходит в связи с формированием более высоких и менее знакомых концепций — в регионах, где общая информация расы настолько мала, что бесполезна.

Первичное знакомство с Внешним миром.

Начиная с нашего самого фундаментального смысла, я должен обрисовать этот вопрос следующим образом:—

У нас есть мускулы, и мы можем двигаться. Я не могу анализировать движение — сомневаюсь, что попытка разумна, — это простой непосредственный акт восприятия, прямое ощущение свободного, не встречающего сопротивления мышечного действия. Мы действительно можем двигаться, не чувствуя этого, и это ничему нас не учит, но мы можем двигаться так, чтобы чувствовать это, и это многому нас учит и приводит к нашему первому научному выводу, а именно к *пространству*; то есть просто к пространству для передвижения. У нас могло бы быть

ощущение, что мы втиснуты в полную или плотно упакованную вселенную; но это не так: мы чувствуем, что она просторная.

Конечно, мы не останавливаемся на этой голословности вывода: наши образованные способности приводят нас к осознанию существования пространства намного дальше возможности прямого ощущения; и, далее, посредством прямого понимания *скорости* в связи с движением — равномерной и переменной скорости, — мы становимся способными сформулировать идею "времени", или единообразия последовательности; и мы достигаем других, более сложных понятий — ускорения и тому подобного, — в рассмотрение которых нам сейчас нет необходимости вдаваться.

Но наше мышечное восприятие не ограничивается восприятием свободного движения: мы постоянно сталкиваемся с его ограничением или насильственным сопротивлением. Это "затрудненное мышечное действие" имеет другое прямое значение, значение "*силы*"; и попытки проанализировать его с точки зрения чего-либо более простого, чем оно само по себе, до сих пор приводили только к путанице. Под "силой" подразумевается в первую очередь мышечное действие, не сопровождающееся движением. Наше понимание этого учит нас, что пространство, хотя и просторное, не пусто: это дает нам наш второй научный вывод — то, что мы называем "материей".

Опять же, мы не останавливаемся на этом голом выводе. С помощью другого чувства, чувства боли, или простого ощущения, мы различаем массы материи, находящиеся, по-видимому, в тесной связи с нами, и другие или посторонние комки материи; и мы используем первую порцию как меру протяженности второй. Человеческое тело — это наш стандарт размера. Мы также переходим к подразделению нашего представления о материи — в соответствии с разновидностями сопротивления, с которым она воздействует на наше мышечное восприятие, — на четыре различных состояния, или "элемента", как называли их древние, а именно. твердое, жидкое, газообразное и эфирное. Сопротивление, испытываемое нами, когда мы сталкиваемся с той или иной из этих форм материального существования, варьируется от чего — то очень впечатляющего — твердого, — через что — то почти неосознательное — газообразное, — до чего-то полностью воображаемого, причудливого или выводимого, а именно. эфир.

Эфир никоим образом не влияет на наше осязание (то есть на силу); он ни в малейшей степени не сопротивляется движению. Не только наши тела могут перемещаться по нему, но и гораздо более крупные тела, планеты и кометы, могут мчаться по нему с тем, что мы с удовольствием называем поразительной скоростью (намного большей, чем у спортсмена), не проявляя ни малейших признаков трения. Я сам, действительно, разработал и провел серию тонких экспериментов, чтобы увидеть, может ли вращающаяся масса железа хоть в малейшей степени захватывать эфир и переносить его по кругу хотя бы с тысячной долей своей собственной скорости. Они будут описаны далее, но пока достигнутый результат очевиден. Ответ таков: нет; я не могу найти ни малейшего следа механической связи между материей и эфиром, известной как вязкость или трение.

Почему же тогда, если это так неосознательно, мы должны утверждать о его существовании? Не может ли это быть просто причудливой спекуляцией, которую следует как можно скорее вытеснить из физики? Если бы наши знания о материи ограничивались нашим чувством осязания, этот вопрос никогда бы даже не возник; мы бы были просто невежественны в отношении эфира, так же невежественны, как и в отношении любой жизни или разума во

вселенной, не связанных с каким-либо материальным телом. Но наши чувства достигли более высокой ступени развития, чем эта. Мы осознаем материю иными средствами, чем ее сопротивляющаяся сила. Материя действует на одну маленькую часть нашего тела совершенно по-другому, и говорят, что мы *ощущаем* ее вкус. Даже на расстоянии он способен отбрасывать от себя мелкие частицы, достаточные для воздействия на другое тонкое чувство. Или, опять же, если она вибрирует с соответствующей частотой, другая часть нашего тела откликается; и обнаруживается, что вселенная не безмолвствует, а красноречива для тех, у кого есть уши, чтобы слышать. Предстоит ли сделать еще какие-нибудь открытия? Да; и некоторые из них уже сделаны. Все упомянутые до сих пор органы чувств говорят нам о присутствии обычной материи, — грубой материи, как ее иногда называют, — хотя, когда мы обращаемся к нашему обонянию, и особенно к обонянию собаки, оно не очень грубое; тем не менее, с перечисленными до сих пор органами чувств мы никогда бы не осознали эфир. Удар молнии мог бы превратить наши тела обратно в их неорганические составляющие, или рыба-торпеда могла бы причинить нам странные мучения; но от этих жестоких наставников мы узнали бы немногим больше, чем школьник узнает от когда-то всегда готовой трости.

Но так случилось, что вся поверхность нашей кожи чувствительна еще одним способом, и небольшая ее часть поразительно и прекрасно чувствительна к впечатлению совершенно иного характера — не обязательно связанному с какой-либо формой обычной материи — тому, которое с таким же успехом будет проявляться в пространстве, из которого была удалена вся твердая, жидкая или газообразная материя. Поднесите руку к огню, подставьте лицо солнечным лучам, и что вы почувствуете? Теперь вы осознаете нечто, совершенно не связанное с обычной материей. Теперь вы осознаете эфирную среду настолько непосредственно, насколько это возможно. Правда, процесс не очень прямой. Вы не можете воспринять эфир так, как вы можете ощутить материю, прикоснувшись к нему, попробовав на вкус или даже понюхав; но этот процесс аналогичен тому типу восприятия, которое мы могли бы получить от обычной материи, если бы обладали только чувством слуха. Это нечто сродни *вибрациям в эфире*, которые ощущают наша кожа и наши глаза.

Можно справедливо утверждать, что наши тепловые нервы ощущают не сами эфирные возмущения, а другие возмущения, возбуждаемые ими в наших тканях; и то же самое утверждение можно сделать для наших более высокоразвитых и специализированных зрительных нервов. Все нервы должны чувствовать, что происходит по соседству с ними, и не могут непосредственно ощущать ничего другого; но "излучение", причина, вызвавшая эти нарушения, распространялось через эфир, а не через какую-либо другую известную материальную субстанцию.

Должно быть обычным делом повторять, откуда мы это знаем. Вкратце, так: излучение явно поступает к нам от солнца. Если в промежуточном пространстве существует какая-либо свободная или обычная материя, то это должен быть чрезвычайно редкий газ. Другими словами, она должна состоять из рассеянных частиц материи, некоторые из которых достаточно велики, чтобы называться комочками, некоторые настолько малы, что представляют собой просто атомы, но каждая из них имеет значительный промежуток между собой и соседней. Такие изолированные частицы абсолютно неспособны пропускать свет. И, в скобках, я могу сказать, что ни одна форма обычной материи, твердая, жидкая или газообразная, не способна передавать объект, движущийся с такой скоростью и подчиняющийся известным законам света. Для передачи излучения или света всяобычная материя не только

некомпетентна, но безнадежно и абсурдно некомпетентна. Если это излучение вообще передается чем-либо, то оно должно быть чем-то *своем роде*.

Но оно передается, поскольку на его перемещение требуется время, причем с хорошо известной и определенной скоростью; и это дрожащее или периодическое возмущение, подпадающее под общую категорию волнового движения. Нет ничего более определенного, чем это. Ни один физик не оспаривает это. Сам Ньютон, о котором обычно и искренне говорят, что он выдвинул конкурирующую теорию, чувствовал необходимость эфирной среды и знал, что свет, по существу, состоит из волн.

Зрение.

Здесь небольшое отступление, чтобы избежать возможной путаницы из-за того факта, что я намеренно связал вместе температурные нервы и зрительные нервы. Они, по общему признанию, не одинаковы, но похожи в том, что оба свидетельствуют о радиации; и, будь мы слепы, мы все равно могли бы многое знать о солнце, а если бы наши температурные нервы были чрезвычайно чувствительны (не повсюду, поскольку это было бы просто болезненно, но в какой-нибудь защищенной области), мы могли бы даже узнать о Луне, планетах и звездах. На самом деле, глаз, состоящий из зрачка (предпочтительно хрусталика) и впалой полости, выстланной поверхностью, чувствительной к теплу, можно легко представить, и он может быть в какой-то степени исключительно эффективным. Это было бы нечто большее, чем просто регистратор света, он мог бы улавливать все эфирные колебания, вызванные окружающими объектами, и, следовательно, прекрасно видел бы в том, что мы называем "темнотой". Но он, вероятно, видел бы слишком много для удобства, поскольку на него обязательно воздействовали бы все виды излучения в простой пропорции к его энергии; если, конечно, его не снабдить запасом экранов с соответствующим образом подобранной поглощающей способностью. Но какими бы ни были преимущества или недостатки такого органа чувств, мы пока им не обладаем. Наш глаз действует не путем обнаружения тепла; другими словами, на него воздействует не весь спектр эфирных колебаний, а только очень незначительная и, по-видимому, незначительная часть. Он полностью игнорирует эфирные волны, частота которых сравнима со звуковой; и на тридцать или сорок октав выше этого ничто вокруг нас не реагирует; но высоко, в диапазоне вибраций невообразимо высокой частоты от четырехсот до семисот миллионов миллионов в секунду — диапазоне, который способны излучать чрезвычайно немногие доступные тела и для создания которого искусственным путем требуются определенные знания и навыки — к этим волнам глаз чувствителен остро, превосходно и наиболее разумно.

Этот маленький фрагмент общего излучения сам по себе тривиален и пренебрежимо мал. Если бы не люди, светлячки и несколько других форм жизни, вряд ли что-либо из этого когда-либо возникло бы на таком небольшом куске материи, как земля. За исключением случайного извержения вулкана или вспышки молнии, только гигантские тела, такие как солнце и звезды, обладают достаточной энергией, чтобы издавать эти более высокие ноты, подобные звукам флейты; и они делают это исключительно за счет основной силы и неистовства — неистовства их гравитационной энергии, — производя не только это, но и любой другой вид излучения. Насколько мне известно, только светлячки научились секрету излучения физиологически полезных волн, и никто другой.

Почему эти волны физиологически полезны — почему они являются так называемым "светом", в то время как другие виды излучения являются "темными", - это вопрос, который следует задать, но на данный момент на него дан лишь предварительный ответ. Ответ, в конечном счете, должен дать физиолог; ибо различие между светом и несветом может быть сформулировано только в терминах глаза и его особой специализированной чувствительности; но подсказку ему может дать физик. Эфирные волны, воздействующие на глаз и фотографическую пластинку, имеют размер, не совсем несравнимый с размером атомов материи. Когда физическое явление связано с элементарными атомами материи, в настоящее время его часто относят к области знаний, обобщенной в разделе химии. Зрение, вероятно, является химическим чувством. Сетчатка может содержать сложные скопления атомов, разорванных на части падающими световыми колебаниями и быстро восстановленных живыми тканями, в которых они обитают; нервные окончания тем временем воспринимают их в их временно диссоциированном состоянии. Смутное предположение! Не подлежит дальнейшему одобрению, кроме как в качестве рабочей гипотезы, ведущей к исследованию факта; но, тем не менее, направление, в котором развиваются мысли некоторых физиков, — направление, на которое указывают многие недавно обнаруженные экспериментальные факты.^[2]

Гравитация и сцепление.

Потребовалось бы слишком много времени, чтобы сделать что-то большее, чем предложить некоторые другие функции, для которых необходимо непрерывное средство связи. В главе VIII мы докажем, что технические действия на расстоянии невозможны. Тело может воздействовать непосредственно только на то, с чем оно соприкасается; это должно происходить за счет действия соприкасающихся частиц, то есть практически через сплошную среду эта сила может передаваться в пространстве. Радиация не единственное, землю чувствует от солнца; кроме того, его исполинские *gravitative* тяга, сила и напряженность больше, чем миллион миллионов стальных прутьев, каждый семнадцать футов в диаметре, может стоять (см. гл. IX). Какой механизм передает это гигантское усилие? Опять же, возьмем сам стальной стержень: с какой силой он растягивается, с какой прочностью его части сцепляются друг с другом! И все же его частицы не находятся в абсолютном контакте, они лишь виртуально связаны друг с другом посредством универсальной связующей среды — эфира, — среды, которая должна быть способна передавать величайшие напряжения, существование которых доказывают наши знания о гравитации и когезии.

Электричество и магнетизм.

До сих пор я в основном ограничивался восприятием эфира с помощью нашего древнего чувства излучения, посредством которого мы улавливаем его тонкую дрожь. Но у нас растет новое чувство; возможно, не настоящий орган чувств, хотя и не так уж сильно отличающийся от нового органа чувств, хотя части материи, которые идут на создание этого органа, не связаны с нашими телами обычными связями боли и болезни; они больше похожи на искусственные зубы или механические конечности, и их можно купить у производителя инструментов.

Электроскопы, гальванометры, телефоны — все это тонкие инструменты; они еще не затмевают наши органы чувств плоти, но в некоторых случаях приближаются на измеримое расстояние к их удивительной чувствительности. И что мы с этим делаем? Можем ли мы понюхать эфир, или потрогать его, или какая ближайшая аналогия? Возможно, полезной аналогии нет; но, тем не менее, мы имеем с этим дело, и притом вплотную. Мы еще не полностью осознаем, что мы

делаем. У нас еще нет никакой динамической теории электрических токов, статических зарядов и магнетизма. Действительно, у нас еще нет никакой динамической теории света. Фактически, эфир еще не был отнесен к области простой механики — он еще не был сведен к движению и силе: и это, вероятно, потому, что его *силовой* аспект был настолько необычайно неуловимым, что возникает вопрос, следует ли нам вообще думать о нем как о материале. Нет, в настоящее время это отдельно от механики. Предположительно, это может остаться отдельно; и нашей первой дополнительной категорией, которой когда-нибудь должны быть расширены основы физики, может оказаться эфирная категория. И некоторое такое включение, возможно, потребует сделать, прежде чем мы сможем попытаться объединить витальные или ментальные процессы. Возможно, они войдут все вместе.

Как бы то ни было, именно такой смысл скрывается во фразе о том, что мы еще не знаем, что такое электричество или что такое эфир. У нас пока нет динамического объяснения ни того, ни другого; но прошедшее столетие научило нас тому, что кажется изучающим их подавляющему количеству фактов о них. И когда нынешнее столетие или столетие спустя позволит нам глубже проникнуть в их тайны и в тайны некоторых других явлений, которые сейчас находятся в процессе рационального исследования, я чувствую, что нашему взору откроется не просто материальная перспектива, но некий проблеск в область Вселенной, в которую наука еще не проникала, но которую искали издавна и, возможно, слепо постигли художник и поэт, философ и святой.

*Обратите внимание на написание слова *Ethereal*.*

Обычное слово "эфирный" предполагает нечто несущественное и поэтому используется в поэзии; но для прозаической трактовки физики оно неподходящее, и иногда вместо него используется "эфирный". Однако для такого прилагательного нельзя дать точного определения; и я привык просто писать *etherial* через *i*, когда не подразумевалось никакого поэтического значения. Это альтернативное написание не является неправильным; но Милтон использует вариант "эфирный", в некотором смысле наводящий на мысль о чем-то сильном и существенном (*Пар. Утрачено*, vi, 473). Следовательно, любое слово может быть использовано для замены слова "эфирный" в физике, и в последующих главах по большей части используется то или иное из них.

ГЛАВА III

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ На РАЗЛИЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Несмотря на свою подлинную физическую природу и свойства, эфир необычайно неосязаем и недоступен нашим органам чувств, и, соответственно, является предметом, над которым чрезвычайно трудно проводить эксперименты. Было много попыток обнаружить какие-то явления, зависящие от его движения относительно земли. Земля движется вокруг Солнца со скоростью 19 миль в секунду, и хотя это медленно по сравнению со скоростью света — фактически это всего лишь $\frac{1}{10000}$ — часть скорости света, — все же представляется возможным наблюдать некоторую модификацию оптических явлений из-за этого движения в эфире.

И одно из таких явлений действительно известно, а именно звездная aberrация, открытая Брэдли в 1729 году. Положение объектов, находящихся не на Земле и не связанных с Солнечной системой, по-видимому, изменяется на величину, сравнимую с одной частью из десяти тысяч, в результате движения земли; то есть видимое положение звезды смещается от ее истинного положения на угол $1/10000$ "радиан", [3] или примерно на 20 угловых секунд.

Это называется астрономической aberrацией и чрезвычайно хорошо известно. Но в связи с этим возникает ряд других проблем, и на них желательно остановиться подробнее. Ибо, если эфир неподвижен, пока земля летит сквозь него — со скоростью, значительно превышающей скорость любого пушечного ядра, настолько же быстрее пушечного ядра, насколько экспресс быстрее пешей прогулки, — это для всех практических целей то же самое, как если бы земля была неподвижной, а эфир проносился мимо нее с этой огромной скоростью в противоположном направлении. И на первый взгляд, несомненно, можно было бы ожидать каких-то последствий такого дрейфа. Может, например, показаться сомнительным, можно ли проводить наземные геодезические работы с ожидаемой от них предельной точностью без некоторой поправки на сильный поток светопропускающей среды мимо теодолита наблюдателя и через него.

Поэтому давайте подробнее рассмотрим этот вопрос в целом.

Аберрация.

Всем известно, что для того, чтобы подстрелить птицу на взлете, нужно целиться перед ней. Каждый с готовностью согласится, что для того, чтобы попасть в сидящего на корточках кролика из движущегося поезда, нужно целиться ему за спину.

Это примеры того, что можно назвать "абerrацией" с точки зрения отправителя, с точки зрения источника. И aberrация, или необходимое расхождение между нацеленной точкой и объектом попадания, имеет противоположный знак в двух случаях — в случае, когда приемник движется, и в случае, когда источник движется. Следовательно, если оба движутся, две aberrации могут нейтрализовать друг друга. Итак, чтобы попасть в кролика, бегущего рядом с поездом, вы должны целиться прямо в него.

Если бы не было воздуха, все было бы достаточно просто. Но каждый стрелок на свой страх и риск знает, что, хотя он плотно прижимает и себя, и свою цель к земле, чтобы устранить все собственно отклонения, все же поток воздуха вполне способен создать своего рода ложную aberrацию, которую можно назвать парусностью; и что он не должен целиться в цель, если хочет поразить ее, но должен целиться немного по направлению ветра.

Это с точки зрения стрелка. Теперь обратите внимание на точку зрения мишени.

Считайте, что он сделан из достаточно мягкого материала, чтобы пуля полностью пробила его, оставив длинное отверстие в месте попадания. Человек, стоящий за мишенью, которого мы можем назвать маркером, приложив свой глаз к отверстию сразу после попадания, может посмотреть через него на стреляющего, и таким образом определить победителя. Я знаю, что это не совсем функция обычного маркера, но это более полно, чем его обычная функция. Все, что он обычно делает, - это сигнализирует о безличном попадании; кто-то другой должен зафиксировать личность стрелявшего. Я скорее предполагаю серию выстрелов и что маркер

должен распределять попадания по их соответствующим источникам с помощью отверстий, проделанных в мишени.

Ну, сделает ли он это правильно? Предполагая, конечно, что он может это сделать, если все неподвижно, и игнорируя любую кривизну пути, будь то вертикальная или горизонтальная кривизна. Если вы хорошенько подумаете, то поймете, что ветер не мешает ему сделать это правильно; линия отверстия укажет стрелку на траекторию полета его пули, хотя и не будет указывать на линию прицеливания. Кроме того, если выстрелы производятся с движущегося корабля, линия пробоины в неподвижной мишени будет указывать на положение, которое орудие занимало в момент выстрела, хотя с тех пор оно могло сместиться. Ни в одном из этих случаев (движущаяся среда и движущийся источник) ошибки не будет.

Но если *цель* находится в движении, например, на бронепоезде, то маркер будет неисправен. Отверстие будет указывать не на человека, который произвел выстрел, а на человека, стоявшего перед ним. *Источник будет казаться смещенным в направлении движения наблюдателя.* Это обычная абберация. Это самая простая вещь в мире. Самая простая иллюстрация этого заключается в том, что когда вы бежите под вертикальным душем, вы наклоняете свой зонт вперед; или, если у вас его нет, капли попадают вам в лицо; точнее, ваше лицо, когда вы бежите вперед, попадает под капли. Таким образом, кажется, что дождь идет из облака впереди вас, а не из облака над головой.

Таким образом, нам необходимо рассмотреть три движения: источника, приемника и среды; и из них только движение приемника способно вызвать абберационную ошибку при определении положения источника.

До сих пор мы рассматривали случай со снарядами с целью получения света. Но свет состоит не из снарядов, он состоит из волн; а с волнами дело обстоит немного иначе. Волны распространяются в среде со своей собственной определенной скоростью; они не могут быть *отброшены* вперед или вбок движущимся источником; они движутся не за счет начального импульса, который они постепенно расходуют, как это делают выстрелы; их движение скорее аналогично движению птицы или другого самоходного животного, чем движению выстрела. Движение волны в движущейся среде можно сравнить с движением гребной лодки по реке. Он ползет вперед вместе с водой и дрейфует вместе с водой; его результирующее движение складывается из этих двух факторов, но оно не имеет ничего общего с движением его источника. Выстрел с проходящего парохода сохраняет движение парохода, а также движение, придаваемое ему порохом. Следовательно, он направлен в наклонном направлении. Но лодка, спущенная с борта проходящего парохода и отчаливающая на веслах, не сохраняет движения своего источника; она не проецируется, она самодвигается. Это похоже на случай с волной.

Диаграмма иллюстрирует разницу. Рис. 1 показывает движущуюся пушку или пулемет, движущийся вместе со стрелкой и производящий последовательность выстрелов, которые повторяют движение пушки так же, как и их собственное, и поэтому перемещаются под наклоном. Выстрел, произведенный из позиции 1, достигает точки А, выстрел, произведенный из позиции 2, достигает точки В, а выстрел, произведенный из позиции 3, достигает точки С, к моменту четвертого выстрела по точке D. Линия А В С D является продолжением оси пистолета; это линия прицеливания, но это не линия огня; все выстрелы совершаются под углом к этой линии, как показано стрелками. Таким образом, следует различать два направления. Есть ряд

последовательных выстрелов и есть траектория любого отдельного выстрела. Эти два направления заключают в себе угол. Это можно назвать углом абберации, потому что он обусловлен движением источника, но он не обязательно должен вызывать какую-либо абберацию. Истинное направление все еще может быть воспринято с точки зрения получателя.

Чтобы доказать это, давайте обратим внимание на то, что происходит у цели. Предполагается, что первым выстрелом будет попадание в точку A, и если цель неподвижна, то она выйдет из точки Y. Маркер, смотрящий вдоль точки Ya, увидит позицию, откуда был произведен выстрел. Это можно сравнить с неподвижным наблюдателем, смотрящим на движущуюся звезду. Он видит ее там, где и какой она была, когда свет начал свой долгий путь. Он не видит его нынешнего положения, но нет причин, почему он должен это делать. Он не видит его физического состояния или чего-либо еще в том виде, в каком оно есть сейчас. Он видит его таким, каким он был, когда посылал информацию, которую он только что получил. Нет абберации, вызванной движением источника.

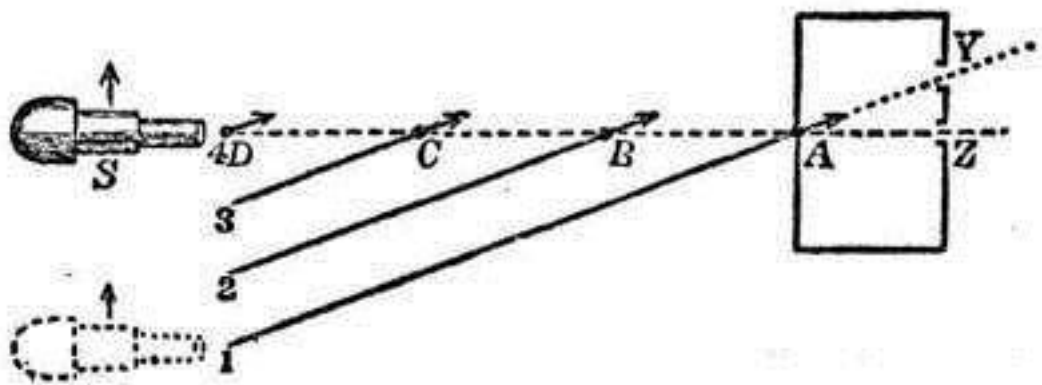


Рис. 1. Импульсные

выстрелы из движущегося оружия.

Но теперь пусть ствольная коробка движется с той же скоростью, что и пистолет, как при стрельбе двух сцепившихся кораблей друг в друга. Движение мишени переносит точку Y вперед, и выстрел A оставляет ее в точке Z, потому что Z переносится туда, где была Y. Таким образом, в этом случае маркер, смотрящий вдоль Za, увидит ружье не таким, каким оно было при стрельбе, а таким, какое оно есть в настоящий момент; и он также увидит ряд выстрелов, направленных прямо на него. Это похоже на то, как наблюдатель смотрит на земной объект. Движение земли не мешает обычному зрению.

На рис. 2 показано, насколько это возможно, то же самое для случая излучаемых волн. Трубка - это источник, излучающий последовательность возмущений без импульса. A B C D можно рассматривать как горизонтально летящих птиц, или как гребни волн, или как самоплавающие торпеды; или их даже можно рассматривать как пули, если ружье останавливается каждый раз, когда стреляет, и перемещается только между выстрелами.

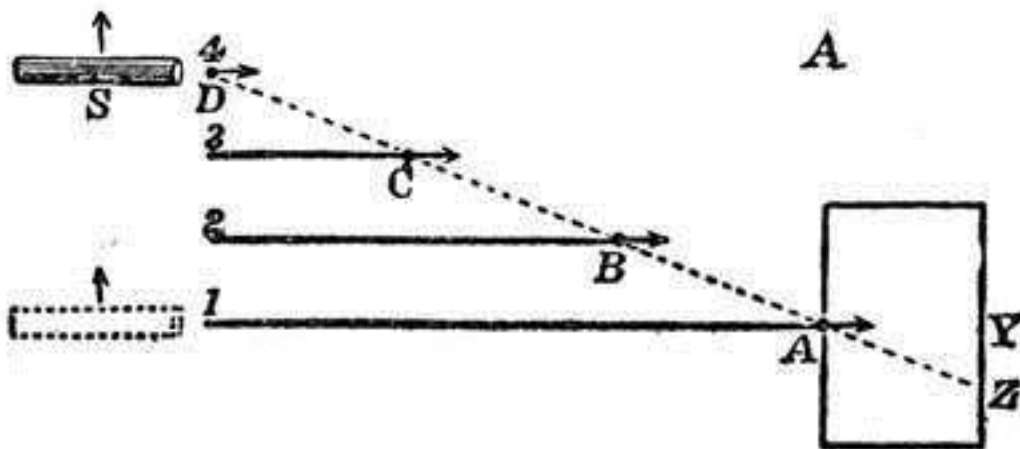


Рис. 2. Волны или

возмущения без импульса от движущегося источника.

Линия A B C D теперь не является ни линией огня, ни линией прицеливания: это просто очаг возмущений, излучаемых с последовательных позиций 1 2 3 4.

Стационарная цель будет проникнута в направлении A Y, и эта линия укажет на правильное положение источника, когда началось полученное возмущение. Если цель движется, возмущение, поступающее в точке A, может оставить ее в точке Z или в любой другой точке в зависимости от скорости ее движения; линия Za не указывает на исходное положение источника, и поэтому при движении цели будет возникать абберация. Иначе их бы не было.

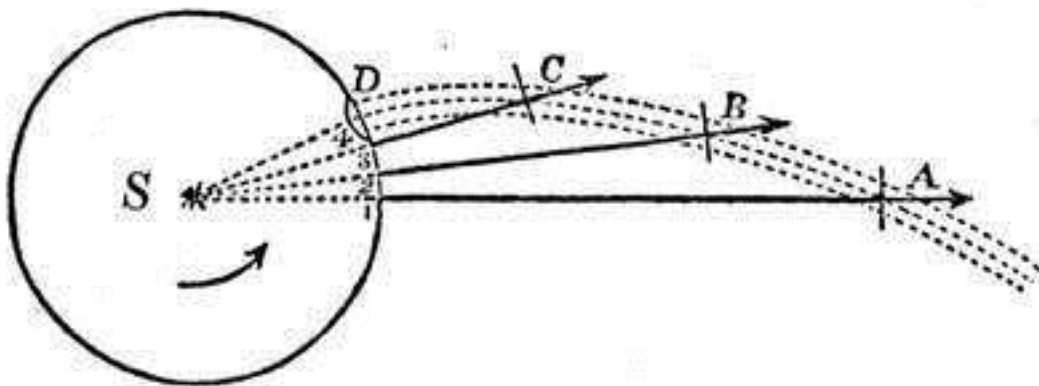


Рис. 3. Луч

вращающегося маяка.

Теперь рис. 2 также представляет параллельный луч света, исходящий от движущегося источника и попадающий в телескоп или глаз наблюдателя. Луч проходит вдоль A B C D, но это не направление обзора. Направление обзора для стационарного наблюдателя определяется не расположением последовательных волн, а траекторией каждой волны. Луч может быть определен как траектория помеченного возмущения. Линия обзора равна Y A 1 и совпадает с линией прицеливания, чего в случае со снарядом (рис. 1) не было.

Довольно интересен случай вращающегося маяка, испускающего длинные параллельные лучи света и быстро вращающего ими по кругу. Рис. 3 может помочь разобраться в этом случае. Последовательные возмущения A, B, C, D лежат вдоль спиральной кривой, спирали Архимеда; и это форма лучей, видимых освещающими частицы пыли, хотя шаг спирали слишком велик, чтобы отличить его от прямой линии. На первый взгляд может показаться, что глаз, смотрящий

вдоль этих изогнутых балок, увидит маяк немного отклоненным от своего истинного положения; но это не так. Истинные лучи или фактические траектории каждого возмущения действительно радиальны; они не совпадают с видимым лучом. Глаз, смотрящий на источник, не будет смотреть по касательной вдоль луча, а будет смотреть вдоль S и увидит источник в его истинном положении. Иначе обстоит бы дело со снарядами из вращающейся башни.

Таким образом, ни перемещение звезды, ни вращение солнца не могут повлиять на направление. Аберрации отсутствуют, пока приемник неподвижен.

Но как насчет ветра или потока среды мимо источника и приемника, которые оба неподвижны? Посмотрите на рис. 1 еще раз. Предположим, что ряд стационарных пушек производит выстрелы, которые разносятся боковым ветром по наклону $1 A Y$ (пренебрегая кривизной траектории, которая действительно существовала бы): тем не менее отверстие в мишени фиксирует истинное положение пушки, маркер, смотрящий вдоль $Y A$, видит орудие, из которого был произведен выстрел. Истинного отклонения от точки обзора ствольной коробки нет, при условии, что отклонение везде равномерное, хотя выстрелы уносятся в сторону и цель не поражается нацеленным на нее конкретным оружием.

С движущейся пушкой в сочетании с встречным ветром, рис. 1 стало бы очень похоже на рис. 2.

(Примечание. Реальный случай, даже без усложнения вращения и т.д., а просто с изогнутой траекторией, вызванной постоянным давлением ветра, не так прост, и действительно имела бы место аберрация или кажущееся смещение источника в сторону направления ветра: явное преувеличение эффекта ветра, показанного на диаграмме.)

На рис. 2 результат воздействия ветра практически такой же, хотя детали несколько отличаются. Предполагается, что среда дрейфует вниз, поперек поля. Источник можно считать стационарным в точке S . Горизонтальные стрелки показывают направление волн *в среде*; пунктирная наклонная линия показывает их результирующее направление. Центр волны смещается от D к 1 в то же время, когда возмущение достигает A , перемещаясь вниз по наклонной линии $D A$. Угол между пунктирной и полной линиями равен углу между лучом и нормалью к волне. Теперь, *если движение среды внутри приемника такое же, как и снаружи*, волна будет проходить прямо по наклону к Z , а истинное направление источника фиксировано. Но если среда внутри мишени или телескопа неподвижна, то волна перестанет дрейфовать, как только она попадет внутрь, так сказать, под прикрытие; она продолжит движение по пути, по которому она действительно все время *следовала в среде*, и выйдет из нее в точке Y . В этом последнем случае — при различном движении среды внутри и снаружи телескопа — видимое направление, такое как $Y a$, не является истинным направлением источника. *Луч фактически изгибается там, где он входит в среду с другим движением* (как показано на рис. 4).

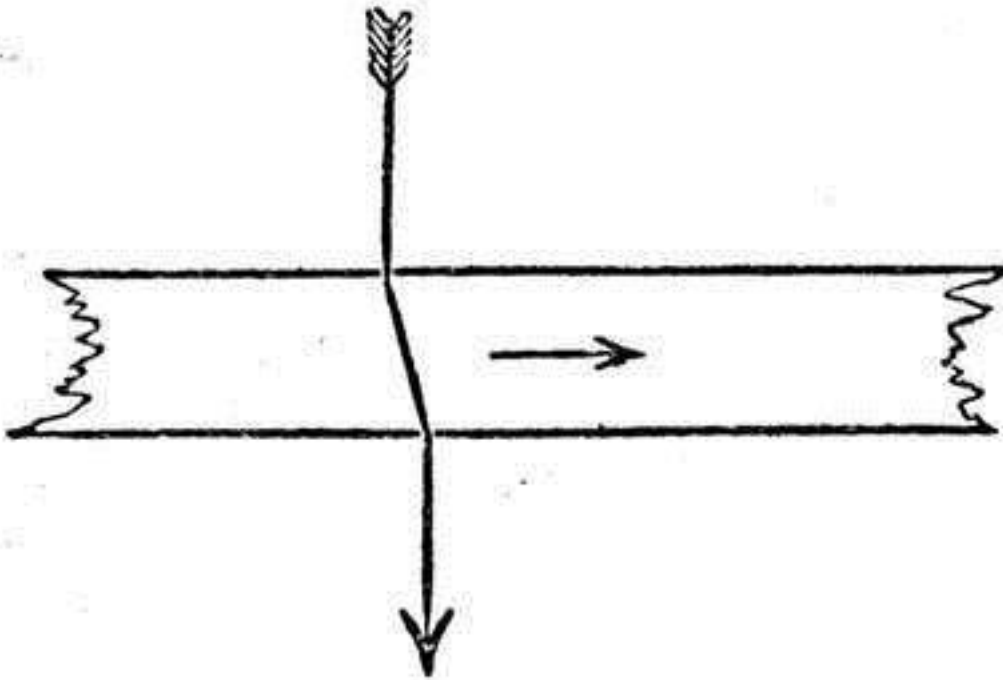


Рис. 4. Луч,

проходящий сквозь движущийся слой.

Более медленно движущийся слой изгибает косой луч, наклоняясь при движении, в том же направлении, как если бы это была более плотная среда. Более быстрый слой изгибает его в противоположную сторону. Если среда более плотная и движется быстрее, возможно, что два изгиба будут равными и противоположными, и, таким образом, луч будет проходить прямо. В скобках я могу сказать, что это именно то, что происходит, согласно теории Френеля, вдоль оси заполненного водой телескопа, подверженного общему дрейфу земного эфира.

В движущейся среде волны распространяются не в своем нормальном направлении, а косо. Направление их распространения правильно называется лучом. Луч не совпадает с нормалью к волне в движущейся среде.



Диаграмма также в равной степени представляет случай движущегося источника в неподвижной среде. Источник, начинающийся с С, переместился в S, испуская волны по ходу движения; эти волны, будучи испущенными, распространяются в виде простых сфер из

тогдашнего положения источника как центра. Нормальная волна и луч теперь совпадают: S_m - это не луч, а всего лишь очаг последовательных возмущений. Стационарный телескоп будет смотреть не на S , а вдоль M_s до точки, где находился источник, когда он испускал волну M ; движущийся телескоп, если он движется с той же скоростью, что и источник, будет смотреть на S . Следовательно, S_m иногда называют *видимым* лучом. Угол $S M C$ - это угол аберрации, который в главе [X](#) мы обозначаем через ϵ .

На рис. [6](#) показано нормальное отражение для случая движущейся среды. Зеркало M отражает свет, полученный от S_1 , в точку S_2 , как раз вовремя, чтобы поймать там источник, если он движется вместе со средой.

В скобках я могу сказать, что время, затрачиваемое на двойное путешествие, $C_1 M / C_2$, когда среда движется, не совсем совпадает с временем двойного путешествия, когда все неподвижно; и что это принцип великого эксперимента Майкельсона; на который следует сослаться позже.

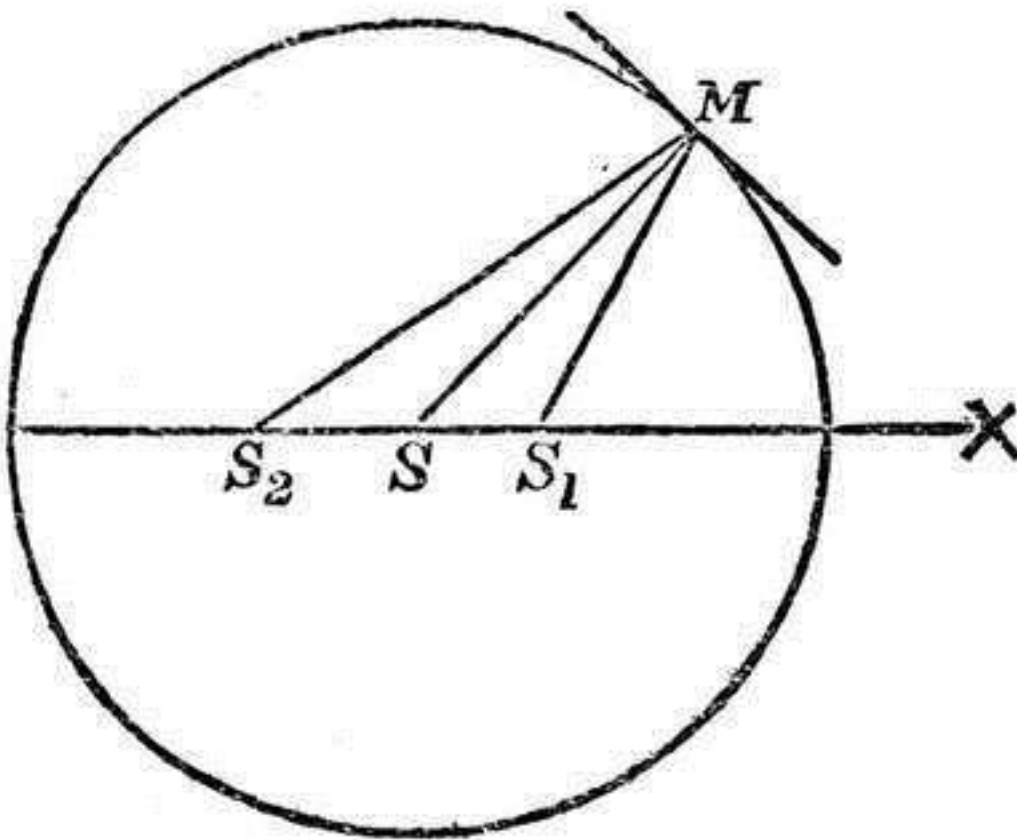


Рис. 6. Нормальное

отражение в движущейся среде.

Угол $M_s X$ - это угол θ в теории эксперимента Майкельсона, описанной в главе [IV](#).

Эфирный поток, о котором мы говорим, всегда следует рассматривать просто как поток относительно материи. Абсолютная скорость материи означает скорость в эфире — которая постоянна. Если бы не существовало такого физического стандарта покоя, как эфир, — если бы все движение относилось только к материи, — тогда утверждение Коперника и Галилея не имело бы реального значения.

ГЛАВА IV

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ЭФИРОМ

Мы пришли к следующему: равномерный эфирный поток во всем пространстве не вызывает никаких aberrаций, никакой ошибки в определении направления. Он гонит волны вперед, но не мешает обзору.

Звездная aberrация существует, но она зависит от движения наблюдателя, и только от движения наблюдателя. Эфирное движение не оказывает на него никакого влияния; и когда наблюдатель неподвижен относительно объекта, как при использовании наземного телескопа, aberrации вообще нет.

Геодезические операции не становятся ни в малейшей степени неточными из-за существования универсального эфирного дрейфа; и поэтому они не предоставляют средств для его обнаружения.

Но заметьте, что все зависит от того, чтобы движение эфира было равномерным повсюду, как внутри, так и снаружи телескопа, и по всему пути прохождения луча. Если он где-то неподвижен, он должен быть неподвижным вообще: не должно быть границы между неподвижным и движущимся эфиром, не должно быть плоскости скольжения, не должно быть более быстрого движения даже в одних областях, чем в других. Для (возвращаясь к замечаниям, предшествующим рис. 4) если эфир в приемнике неподвижен, в то время как снаружи он движется, волна, которая продвинулась вперед и дрейфовала до телескопа, перестанет дрейфовать, как только попадет внутрь, а будет продвигаться просто по волновой нормали. И вообще, на границе любого такого изменения движения луч будет искривляться, и наблюдатель, смотрящий вдоль луча, увидит источник не в его истинном положении, даже не в кажущемся положении, соответствующем его собственному движению, а отстающим от этого положения.

Такая aberrация, подобная этой, запаздывающая или отрицательная aberrация, еще никогда не наблюдалась; но если есть какое-либо проскальзывание между слоями эфира, если земля несет с собой какой-либо эфир, или если эфир, находясь в движении вообще, не находится в одинаковом движении повсюду в каждом прозрачном веществе, то такая задержка или отрицательная aberrация должна происходить в точной пропорции к величине переноса эфира движущимися телами (ср. с. 61).

С другой стороны, если эфир ведет себя как невязкая жидкость без трения, или если по какой-либо другой причине между ним и движущейся материей нет трения, так что земля вообще не несет с собой эфира, тогда все лучи будут прямыми, aberrация будет иметь свое простое и хорошо известное значение, и мы будем жить в виртуальном эфирном потоке со скоростью девятнадцать миль в секунду из-за орбитального движения Земли.

Может быть, трудно представить, что такая огромная масса, как земля, может с такой огромной скоростью проноситься сквозь среду, не нарушая ее. Это невозможно для обычной сферы в

обычной жидкости. На поверхности такой сферы возникает вязкое сопротивление, и оттуда через жидкость распространяется вращательное движение, так что энергия движущегося тела постепенно рассеивается. Постоянство земных и планетарных движений показывает, что вязкость эфира, если она и существует, невелика; или, по крайней мере, что количество энергии, высвобождаемое таким образом, составляет очень малую долю от общего количества. Но нет ничего, что указывало бы на то, что заметный слой эфира не может прилипнуть к земле и перемещаться вместе с ней, даже если сила, действующая на него, невелика.

Итак, вот какой вопрос стоит перед нами:—

Увлекает ли земля за собой немного эфира? или она скользит сквозь эфир совершенно свободно? (Не обращайтесь внимания на земную атмосферу; роль, которую она играет, известна и не важна.)

Другими словами, является ли эфир полностью или частично неподвижным вблизи земли, или он течет мимо нас с противоположной полной земной скоростью в девятнадцать миль в секунду? Конечно, если мы живем в эфирном потоке такой скорости, мы должны быть в состоянии обнаружить какие-то свидетельства его существования.^[4]

Это не так просто обнаружить, как вы могли бы себе представить. Мы видели, что это не приводит к отклонению или ошибке в направлении. Это также не вызывает никакого изменения цвета или эффекта Доплера, то есть никакого сдвига линий в спектре. Никакой устойчивый ветер не может повлиять на высоту звука просто потому, что он не может доносить волны до вашего уха быстрее, чем они излучаются. Это ускоряет их продвижение, но удлиняет в той же пропорции, и в результате они достигают нужной частоты. Точное влияние движения на высоту тона сведено в следующую таблицу:—

Изменения частоты из-за движения.

Приближение источника укорачивает волны.

Приближение приемника изменяет относительную скорость.

Течение среды изменяет как длину волны, так и скорость точно компенсирующим образом.

Какие другие явления могут возникнуть в результате движения? Вот список:—

Явления, возникающие в результате движения.

- (1) Изменение или кажущееся изменение направления; наблюдается с помощью телескопа и называется аберрацией.
- (2) Изменение или кажущееся изменение частоты; наблюдается с помощью спектроскопа и называется эффектом Доплера.
- (3) Изменение или кажущееся изменение времени прохождения; наблюдается по запаздыванию фазы или сдвигу интерференционных полос.

(4) Изменение или кажущееся изменение интенсивности; наблюдается по энергии, получаемой термопайлом.

К настоящему времени мы пришли к следующему:—

Движение источника или приемника может изменять частоту; движение приемника может изменять видимое направление; движение среды не может сделать ни того, ни другого.

Но необходимо задать вопрос: не может ли это ускорить волну, чтобы заставить ее прийти не по фазе с другой волной, прибывающей по другому пути, и, таким образом, вызвать или модифицировать эффекты интерференции?

Или, опять же, не может ли он сносить волны вниз по течению сильнее, чем вверх по течению, и таким образом воздействовать на пару фермопилей, расположенных спереди и сзади на равных расстояниях от источника, с неодинаковой интенсивностью?

И еще раз, возможно, законы отражения и преломления в движущейся среде не такие, как в состоянии покоя. Кроме того, существует двойное лучепреломление, цвета тонких и толстых пластин, угол поляризации, поворот плоскости поляризации; всевозможные оптические явления, которые требуют рассмотрения.

Возможно, придется признать, что в пустом пространстве трудно обнаружить эффект дрейфа эфира, но разве присутствие плотной материи — особенно прохождение сквозь плотную прозрачную материю — не облегчит обнаружение? Таким образом, возникает огромное количество вопросов, все из которых время от времени серьезно обсуждались.

Помехи.

В качестве примера такого обсуждения рассмотрим феномен № 3, приведенный в таблице выше. Я ожидаю, что каждый читатель понимает, что такое интерференция, но я могу лишь вкратце сказать, что два похожих набора волн "интерферируют" всякий раз, когда и где гребни одного набора совпадают с впадинами другого набора и стирают их. Свет продвигается в любом заданном направлении, когда гребни в этом направлении могут оставаться гребнями, а впадины - оставаться впадинами. Но если мы ухитримся разделить луч света на две половины, направить их по разным траекториям и заставить их встретиться снова, нет никакой гарантии, что гребень встретится с гребнем, а корыто с корытом; в некоторых местах может быть как раз наоборот, и где бы ни возникло это противопоставление фаз, будет локальное стирание или "интерференция". Таким образом, два соединенных полулучка света могут создавать локальные полосы темноты, и эти полосы называются интерференционными полосами.

Не следует предполагать, что происходит какое-либо *разрушение* света или какое-либо рассеяние энергии: это просто случай перераспределения.

Светлые части становятся ярче ровно настолько, насколько темные части темнее. Экран подсвечивается полосами и уже не равномерно, но его общая освещенность такая же, как если бы не было помех.

Проекция интерференционных полос.

Нелегко спроецировать эти интерференционные полосы на экран так, чтобы они были видны аудитории, отчасти потому, что полосы темноты чрезвычайно узкие; действительно, я ранее не видел попыток такого эксперимента. Но с помощью того, что я называю интерференционным калейдоскопом, состоящим из двух зеркал, установленных под углом, с третьим полупрозрачным зеркалом между ними, можно получить полосы удивительно четкие и яркие, так что их можно легко проецировать: и я показал это на лекции в Королевском институте Великобритании в 1892 году.

Каждое зеркало установлено на треноге с регулируемыми винтовыми ножками, которые стоят на толстой железной плите, которая снова опирается на полые шарики из индийской резины. Если смотреть на зеркала сверху вниз, план такой же, как на диаграмме Рис. 7, которая в достаточной степени отражает геометрию расположения и показывает, что два полулуча, на которые полупрозрачная пластина разделяет свет, будут проходить по одному и тому же контуру А, В, С в противоположных направлениях, а затем воссоединятся и будут двигаться вместе к точке, указанной стрелкой. Параллельный луч электрического фонаря, обработанный таким образом, изображает на экране яркие и широкие интерференционные полосы. И устройство очень мало чувствительно к помехам, потому что траектории движения двух половин балки идентичны, а также из-за монтажа. Кусок хорошего стекла можно вставить без помех, и по столу можно нанести сильный удар, не перепутав полосы.

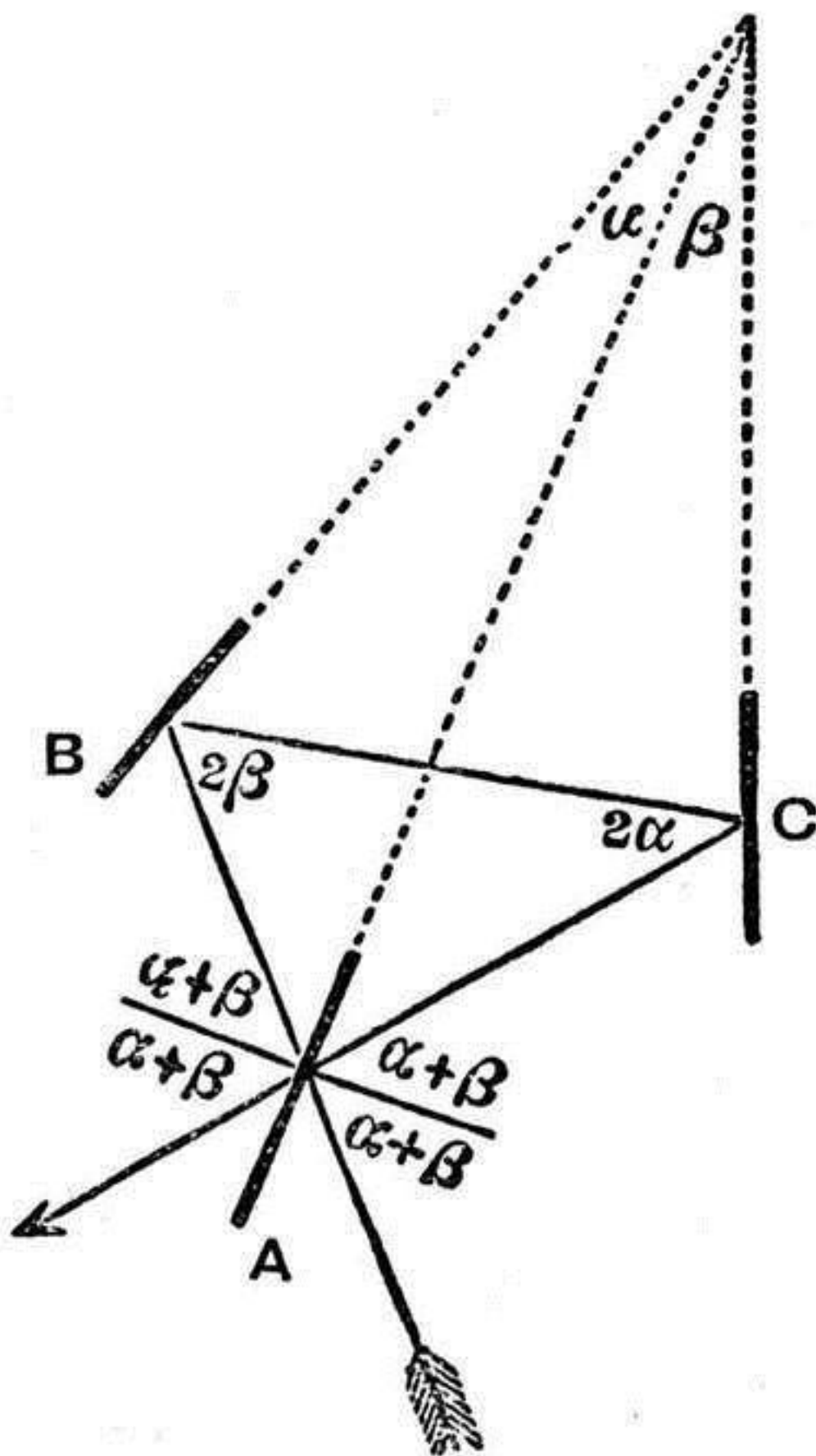


Рис. 7. План

Интерференционного калейдоскопа с тремя зеркалами.

Луч-оперение стрелы раздваивается в точке А полупрозрачным зеркалом из тонко посеребренного стекла; и две половины соединяются вдоль наконечника стрелы после пересечения треугольного контура А В С в противоположных направлениях. Простые геометрические соотношения, которые позволяют это сделать, достаточно показаны на рисунке. Такое расположение соответствовало бы эксперименту Физо.

Единственный регулярный и упорядоченный способ вызвать смещение полос - это ускорить одну половину луча и замедлить другую половину, перемещая прозрачное вещество по контуру. Например, пусть стороны треугольника А В С или одна из них состоят из трубки с водой, в которой поддерживается быстрый поток; тогда поток имеет шанс ускорить одну половину луча и замедлить другую половину, тем самым сдвинув полосы с их нормального положения на измеримую величину. Это эксперимент, проведенный Физо в 1859 году. (Приложение 3.)

Теперь этот самый интересный и важный, и, я думаю, теперь хорошо известный, эксперимент Физо доказывает довольно просто и определенно, что если направить свет вдоль потока воды, путешествуя внутри воды как прозрачной среды, он будет двигаться быстрее по течению, чем против него.

Вы можете сказать, что это вполне естественно; ветер способствует звуку в одну сторону и замедляет его в противоположную. Да, но тогда звук распространяется по воздуху; а ветер - это телесный перенос воздуха; следовательно, конечно, он передает звук. Принимая во внимание, что свет на самом деле распространяется не в воде, а всегда в эфире; и ни в коем случае не очевидно, может ли струя воды помочь или помешать ему. Однако решает эксперимент, и ответ утвердительный. Это помогает ему двигаться со скоростью, равной примерно половине скорости воды; не со всей скоростью, что любопытно и важно, и на самом деле означает, что движущаяся вода не оказывает никакого влияния на пространственный эфир, хотя мы должны отложить объяснение того, как это происходит. Для настоящих целей достаточно того факта, что скорость света внутри движущейся воды и, следовательно, предположительно, внутри всего прозрачного вещества в некоторой степени изменяется при движении этого вещества.

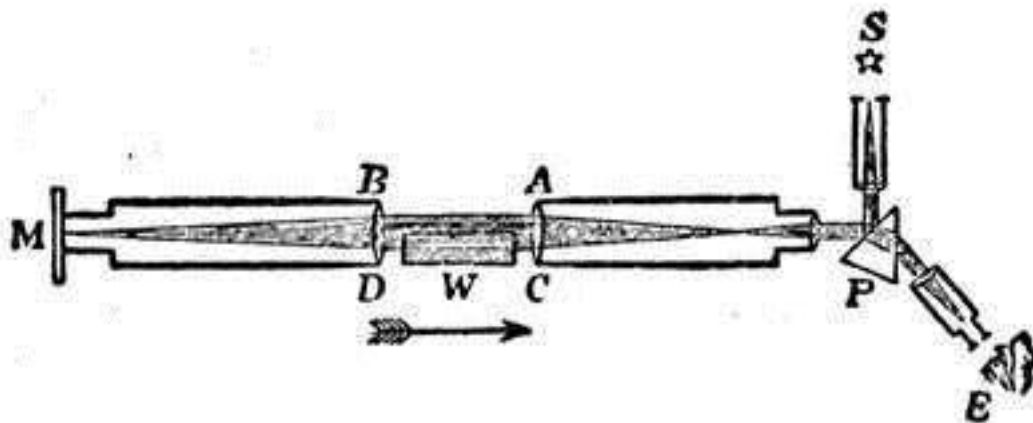


Рис. 8. Схема Хука.

Свет от источника Ов отражается таким образом, что на своем прямом пути проходит наполовину через стоячую воду и наполовину через воздух, а на обратном пути этот путь меняется на обратный, после чего он попадает в глаз.

Разве этот факт не дает простого способа обнаружить движение земли через эфир? Каждый сосуд со стоячей водой действительно движется в эфире со скоростью девятнадцать миль в секунду. Направьте луч света в одну сторону, и он ускорится; его скорость вместо 140 000 миль в секунду составит 140 009 миль. Направьте луч света в другую сторону, и его скорость составит 139 991; во столько же раз меньше. Сведите эти два луча вместе; наверняка какая-то из их длин волн будет интерферировать. М. Хук, астроном из Утрехта, попробовал эксперимент именно в такой форме; вот схема его аппарата (рис.8). Ранее Бабинэ опробовал другую форму эксперимента. Хук ожидал увидеть интерференционные полосы от двух полулучей, прошедших через воду: один в направлении движения земли, а другой против него. Но никаких интерференционных полос замечено не было. Эксперимент дал отрицательный результат.

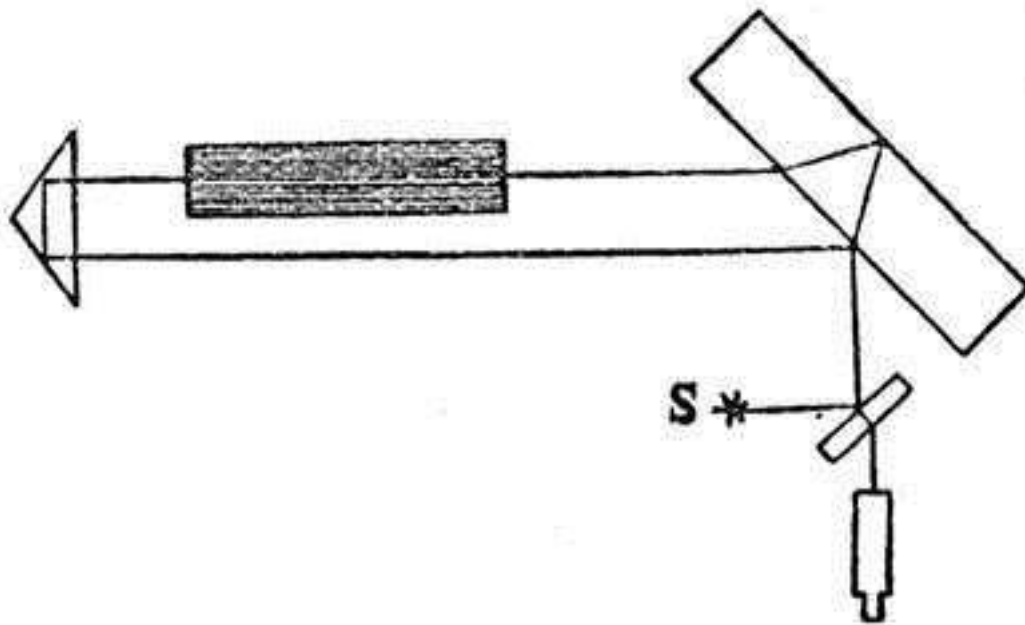


Рис. 9. Расположение

маскарта и джема.

Модификация рис. 8, где луч определенно разделен на две половины отражением от толстой стеклянной пластины и воссоединен перед наблюдением. Два полулучевых луча проходят через стоячую воду в противоположных направлениях.

Однако эксперимент, в котором ничего не видно, никогда не является удовлетворительной формой негативного эксперимента; он, как называет это Маскарт, "вдвойне негативен", и нам требуется некоторая гарантия того, что условия были подходящими для того, чтобы увидеть то, что могло действительно быть в том или ином виде там. Следовательно, модификация эксперимента Маскарта и Джамина предпочтительнее (рис.9). То, что теперь искали, - это сдвиг уже существующих интерференционных полос, когда вышеупомянутый аппарат повернут так, чтобы иметь разные аспекты по отношению к движению земли; но никакого сдвига замечено не было.

Все методы интерференции не позволяют обнаружить никаких следов относительного движения между землей и эфиром.

Тогда попробуйте другие явления. Попробуйте преломление. Известно, что показатель преломления стекла зависит от отношения скорости света снаружи к скорости внутри стекла.

Если тогда эфир течет через стекло, скорость света внутри будет разной в зависимости от того, движется он вместе с потоком или против него, и поэтому показатель преломления может быть разным. Араго был первым, кто попробовал этот эксперимент, поместив ахроматическую призму перед телескопом на настенный круг и наблюдая за отклонением, которое она производила на звездах.

Обратите внимание, что это была *ахроматическая* призма, одинаково воспринимающая все длины волн; он смотрел на *отклоненное* изображение звезды, а не на ее *рассеянное* изображение или спектр, — иначе он мог бы обнаружить эффект изменения частоты из-за движения источника или приемника, впервые замеченный сэром У. Хаггинсом. Я не думаю, что Араго заметил бы это, потому что я не думаю, что его устройство было достаточно тонким для такого очень небольшого эффекта; но в концепции его эксперимента нет ошибки, поскольку проф. Маскарт непреднамеренно предположил, что так оно и было.

Затем Максвелл повторил попытку гораздо более мощным способом, методом, который мог бы обнаружить действительно очень незначительный эффект, и Маскарт также повторил это в простой форме. Все они абсолютно негативны.

Ну, а как же тогда насчет аберрации? Если смотреть сквозь движущийся слой, скажем, вращающийся стеклянный диск, то должен быть сдвиг, вызванный движением (см. рис. 4). Этот конкретный эксперимент не проводился, но я не сомневаюсь в его результате, хотя для получения даже микроскопического видимого смещения объектов, видимых через стекло, потребовались бы высокая скорость и значительная толщина стекла или другой среды.

Но скорость Земли доступна, и труба телескопа по всей длине может быть заполнена водой; несомненно, этого достаточно, чтобы заметно сместить лучи света.

Сэр Джордж Эйри испробовал это в Гринвиче на звезде с соответствующим зенитным сектором, заполненным водой. Звезды были видны в водный телескоп точно так же, как в воздушный телескоп. Снова отрицательный результат! (Теория полностью рассмотрена в главе X и Приложении 3.)

Однако наблюдения за звездами излишне сложны. Френель указал, что земной источник света подошел бы не хуже. Он также (будучи чрезвычайно гениальным человеком) предсказал, что ничего не произойдет. Теперь Хук испробовал это идеальным образом, и ничего не произошло.

Но эти факты нисколько не сбивают с толку; это как раз то, чего следовало ожидать в свете истинной теории. Отсутствие какого—либо эффекта, вызванного застойной плотной материей, вставленной на пути луча света, то есть плотной прозрачной исходной материей, не перемещенной искусственно относительно земли — или, скорее, относительно источника и приемника - объясняется теорией Френеля о поведении эфира внутри материи.

Если показатель преломления вещества называется μ , это означает, что скорость света внутри него составляет $1/\mu$ -ю от скорости снаружи или в вакууме. И это всего лишь другой способ сказать, что виртуальная плотность эфира внутри него представлена через μ^2 , поскольку скорость волн обратно пропорциональна квадратному корню из плотности среды, которая их передает; упругость считается постоянной и одинаковой внутри и снаружи.

Но тогда, если эфир несжимаем, его плотность действительно должна быть постоянной, — так как же он может быть плотнее внутри материи, чем снаружи? Ответ заключается в том, что, по-видимому, эфир на самом деле не является сверхплотным, а как бы *нагружен* материей. Следует предположить, что атомы вещества, или составляющие их электроны, сотрясаются при прохождении световых волн, как это, очевидно, происходит во флуоресцирующих веществах; и, соответственно, скорость распространения будет уменьшена дополнительной нагрузкой, с которой сталкиваются волны. Это не реальное увеличение плотности, а виртуальное увеличение, которое на самом деле происходит из-за добавления определенной доли материальной инерции к инерции самого эфира. Плотность эфира снаружи равна 1, а плотность загруженного эфира внутри равна μ^2 , эффект нагрузки выражается как $\mu^2 - 1$, в то время как свободный эфир внутри такой же, как и снаружи.

Предположим теперь, что дело сдвинулось с мертвой точки. Дополнительная нагрузка, являясь частью материи, конечно, перемещается вместе с ней и, таким образом, влияет на скорость света в зависимости от величины нагрузки, то есть на величину, пропорциональную $\mu^2 - 1$, в отличие от μ^2 .

Это предсказанное Френелем соотношение ($\mu^2 - 1$): μ^2 , или $1 - 1/\mu^2$; и в эксперименте Физо с проточной водой — особенно в том виде, который позже с современной точностью повторил Майкельсон — это точно отражает величину наблюдаемого воздействия на свет. В

Но если вместо проточной воды использовать стоячую воду, которая неподвижна относительно земли, хотя все еще интенсивно движется в эфире, то эффект нагрузки ($\mu^2 - 1$) будет зафиксирован на материи и не сможет произвести никакого дополнительного или подвижного эффекта. Единственной частью, которая могла бы произвести эффект такого рода, был бы свободный эфир плотностью 1. Но тогда это — с точки зрения вышеизложенного — абсолютно неподвижно, вообще не увлекается землей; следовательно, это также не может дать никакого эффекта. Следовательно, согласно теории Френеля, весь эффект прохождения эфира мимо земли равен нулю в оптических экспериментах; и это именно то, что подтвердили все только что описанные эксперименты.

С тех пор проф. Маскар с большой настойчивостью атаковал явления толстых пластин, колец Ньютона, двойного лучепреломления и явления вращения кварца; но он не нашел абсолютно ничего, что можно было бы приписать потоку эфира, проходящему мимо земли.

Единственный положительный результат, который, как предполагалось, когда-либо был достигнут, был получен в результате очень сложного наблюдения поляризации, проведенного Физо в 1859 году. Если это не повторялось, безопаснее всего проигнорировать это; но я полагаю, что лорд Рэлей повторил это и получил отрицательный результат.

Физо также предложил, но не попытался, провести, как мне кажется, более простой эксперимент с передними и задними термоядерными батареями и источником между ними, наблюдать дрейф среды за счет конвекции энергии; но аргументы, основанные на законе обменов[5], как я думаю, показывают, и действительно показывают, что вероятное изменение мощности излучения из-за движения через средство просто компенсировало бы эффект, которого следовало ожидать в противном случае.

Мы можем резюмировать большинство из этих заявлений следующим образом:—

Краткие сведения.

Движущийся источник сам по себе производит ...

Реальное и кажущееся изменение длины волны.
Реальная, но не очевидная ошибка в направлении.
Никакого запаздывания по фазе или изменения интенсивности, за исключением того, что соответствует измененной длине волны.

Движущаяся сама по себе среда, или источник и приемник, движущиеся вместе, производят...

Частота не меняется.
Ошибки в направлении нет.
Реальное отставание по фазе, но незаметное без контроля среды.
Изменение интенсивности, соответствующее различному расстоянию, но компенсируемое изменением мощности излучения.

Перемещение одного только приемника производит ...

Очевидное изменение длины волны.
Очевидная ошибка в направлении.
Никакого изменения фазы или интенсивности, за исключением того, что соответствует другой виртуальной скорости света.

Таким образом, я могу сказать, что ни одно оптическое явление не способно показать существование эфирного потока вблизи земли. Вся оптика работает точно так, как если бы эфир был неподвижен по отношению к земле.

Что ж, тогда, возможно, это *is* застой. Эксперименты, которые я процитировал, не доказывают, что это так. Они в равной степени согласуются с его совершенной свободой и с его абсолютным застоем; хотя они и не согласуются ни с каким промежуточным положением. Конечно, если бы эфир был застойным, ничего не могло бы быть проще их объяснения.

Единственными явлениями, которые тогда было бы трудно объяснить, были бы явления, зависящие от света, приходящего из отдаленных областей через все слои более или менее затянутого эфира. Теория астрономических аберраций была бы серьезно усложнена; в ее нынешнем виде она была бы опровергнута (стр.45). Но никогда не разумно контролировать факты с помощью теории; лучше изобрести какой-нибудь эксперимент, который даст другой результат в застойном и свободном эфире. Ни один из описанных до сих пор экспериментов на самом деле не является дискриминационным. Они, как я уже сказал, согласуются с обеими гипотезами, хотя и не очень очевидно.

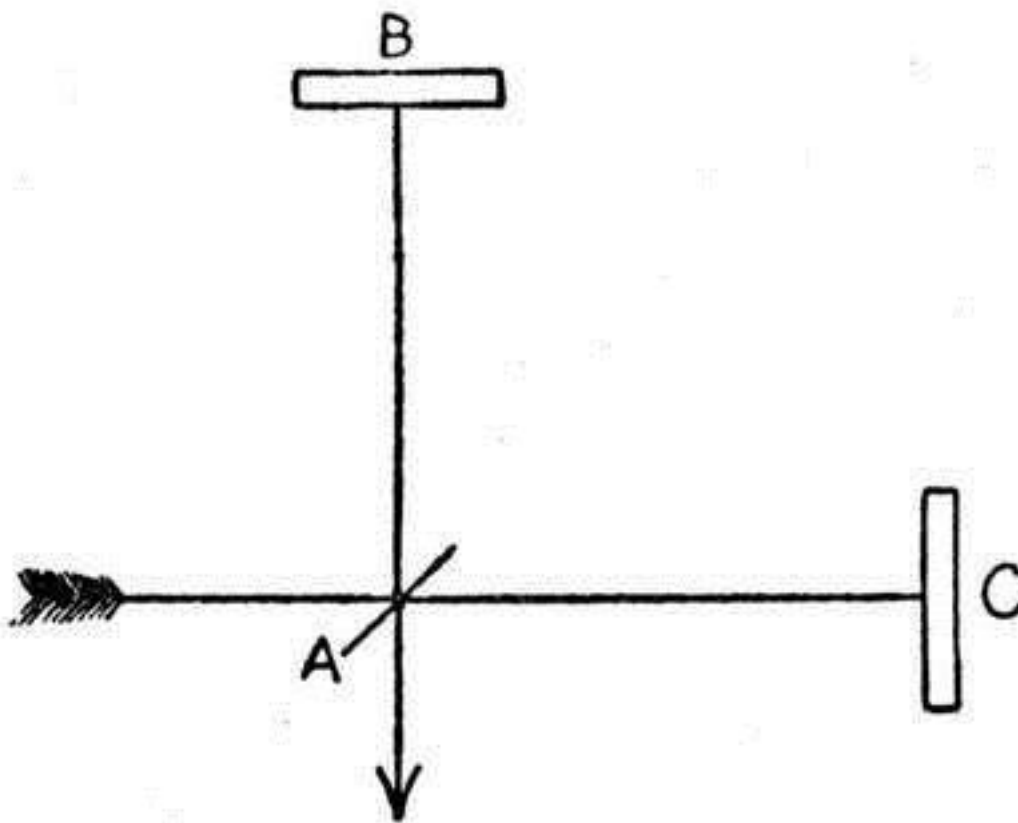


Рис. 10. Направление

света и двух полулучей в самом известном эксперименте Майкельсона.

Свет разделяется в точке А, одна половина направляется в сторону В и обратно, другая половина - в сторону С и обратно. Сравните с рисунком [7](#).

Эксперимент Майкельсона.

Однако мистер Майкельсон из Соединенных Штатов изобрел план, который выглядел так, как будто он действительно предусматривал дискриминацию; и, преодолев многие трудности, он осуществил его. Это описано в *Philosophical Magazine* за 1887 год.

Знаменитый эксперимент Майкельсона состоит в поиске интерференции между двумя половинными лучами света, из которых один был направлен туда-сюда *поперек* линии дрейфа эфира, а другой был направлен туда-сюда *вдоль* линии дрейфа эфира.

Полупрозрачное зеркало, установленное под углом 45° , используется для разделения луча, а пара обычных зеркал, установленных перпендикулярно двум полулучам, используются для возврата их туда, откуда они пришли, чтобы они могли попадать в глаз через наблюдательный телескоп.

Это существенно отличается от интерференционного калейдоскопа, рис. [7](#), поскольку теперь нет световой дорожки Вс и контура, окруженного светом. Каждый полулуч проходит туда и обратно по своему собственному пути, и эти пути не совпадают, а значительно разделены - например, один на Север и Юг, а другой на Восток и Запад.

В этих условиях полосы гораздо более дрожащие, чем при расположении на рис. [7](#), и подвержены всевозможным возмущениям. Устройство должно быть чрезмерно устойчивым, и на пути любого луча не должно допускаться никаких колебаний, даже температуры. Чтобы

обезопасить это, источник, зеркала и наблюдательный телескоп были установлены на массивной каменной плите, которая плавала в ванне со ртутью.

Затем плиту можно было медленно поворачивать, так что иногда траектория Ab, а иногда и Ac пролегла приблизительно вдоль направления движения Земли в пространстве или поперек него.

И поскольку движение вдоль занимало немного больше времени, чем движение поперек, хотя все остальное было точно таким же, можно было ожидать некоторого смещения интерференционных полос при вращении плиты.

Но в то время как во всех ранее описанных экспериментах искомый эффект был эффектом первого порядка, величиной один к десяти или двадцати тысячам, - в зависимости, то есть, от первой степени отношения скорости Земли к скорости света, — ожидаемый сейчас эффект зависит от *квадрата* этого же отношения и, следовательно, не может быть больше, даже при самых благоприятных обстоятельствах, чем 1 часть на сто миллионов.

Поэтому легко понять, что это исключительно сложный эксперимент, и что для его успешного проведения требовались как мастерство, так и настойчивость.

То, что это исключительно сложный эксперимент, станет понятно, когда я скажу, что он не будет убедительным, если не удастся четко определить хотя бы одну часть из 400 миллионов.

М-р Майкельсон считает, что с помощью своего последнего устройства он мог бы увидеть 1 из 4000 миллионов, если бы оно существовало (что эквивалентно обнаружению ошибки в $1/1000$ of an inch in a length of 60 miles); but he saw, не увидел ничего. Все вело себя точно так, как если бы эфир был застойным; как будто земля несла с собой весь эфир в непосредственной близости. И это был его вывод.

Теория эксперимента Майкельсона.

Теорию эксперимента Майкельсона можно выразить так: его оптическая схема такая же, как геометрически представлена на рис.6.

Если относительно неподвижные источник и приемник движутся в эфире со скоростью u , такой, что $u/v = \alpha$ постоянная аберрации; тогда время любого перемещения туда и обратно S_m , наклоненное под углом θ к направлению дрейфа, увеличивается сверх того, что было бы, если бы дрейфа не было, в соотношении

$$\sqrt{(1 - \alpha^2 \sin^2 \theta) / 1 - \alpha^2}$$

Это следует исключительно из геометрических соображений.

Следовательно, если луч разделен и половина отправлена так, что $\theta = 0$, а другая половина отправлена так, что $\theta = 90$ (как на рис. 10), один луч будет отставать от другого на расстояние, в $\frac{1}{2}\alpha^2$ раза превышающее пройденное расстояние; которое, хотя и очень мало, может составлять заметную долю длины волны и, следовательно, может вызвать заметный сдвиг полос.

Но при правильном проведении эксперимента такого сдвига не наблюдается.

Таким образом, эксперимент, по—видимому, доказывает, что в эфире вообще нет движения, что эфирный поток мимо земли отсутствует, что эфир, непосредственно соприкасающийся с землей, неподвижен - или что земля до такой степени увлекает за собой весь соседний эфир.

Если мы хотим избежать этого вывода, то простого способа сделать это нет. Ибо это зависит не от сомнительных свойств прозрачных веществ, а от простого фундаментального принципа, лежащего в основе всех таких простых фактов, как то, что на то, чтобы проплыть определенное расстояние и обратно, вверх и вниз по течению, уходит больше времени, чем на то, чтобы проплыть то же расстояние по стоячей воде; или что требуется больше времени, чтобы подняться и спуститься с холма, чем на то, чтобы пробежать то же расстояние по ровной местности; или что купить определенное количество апельсинов по цене три пенни и такое же количество по цене два пенни дороже, чем купить всю партию по цене пять за два пенса.

Следовательно, хотя и может существовать *какой-то* способ обойти эксперимент Майкельсона, очевидного способа нет; и если истинный вывод заключается не в том, что эфир вблизи Земли застойный, это должно привести к какому-то другому важному и неизвестному факту.

Теперь этот факт стал очевиден. Впервые об этом высказал покойный профессор Г.Ф. Фитцджеральд из Дублинского Тринити-колледжа, когда сидел в моем кабинете в Ливерпуле и обсуждал со мной этот вопрос. Это предложение с самого начала несло на себе отпечаток истины. Это независимо пришло в голову также профессору Х.А. Лоренцу из Лейдена, в теорию которого это полностью вписывается и который блестяще внедрил это в свою систему. Это можно кратко объяснить так: —

Движущиеся электрические заряды образуют электрический ток. Похожие заряды отталкиваются друг от друга, но токи в одном направлении притягиваются. Следовательно, два одинаковых заряда, движущихся по параллельным линиям, будут отталкиваться друг от друга меньше, чем при неподвижности, — также меньше, чем при движении один за другим по одной и той же линии. Точно так же два противоположных заряда, находящиеся на фиксированном расстоянии друг от друга, притягивают друг друга меньше при движении бок о бок, чем при преследовании друг друга. Вызванное таким образом изменение статической силы зависит от квадратичного отношения их совместной скорости к скорости света.

Атомы вещества заряжены; а сцепление - это остаточное электрическое притяжение (см. Конец Приложения 1). Таким образом, когда кусок материи движется сквозь пространственный эфир, его силы сцепления поперек линии движения уменьшаются, и, следовательно, в этом направлении он расширяется на величину, пропорциональную квадрату величины аберрации.

Легкое путешествие туда-сюда по траектории относительно движущейся среды немного быстрее, чем то же самое путешествие туда-сюда вдоль (см. стр. 64). Но если путешествия планируются или осуществляются на куске материи, они не остаются совсем такими же, когда он перемещается в пространстве: путешествие поперек направления движения становится более длительным, чем другое путешествие, как мы только что видели. А дополнительное расстояние компенсирует или нейтрализует дополнительную скорость; так что свету требуется одинаковое время для обоих.

ГЛАВА V

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЯЗКОСТИ ЭФИРОВ

Баланс свидетельств на данном этапе, по—видимому, склоняется к тому, что эфирного дрейфа нет, что эфир вблизи земли неподвижен, что земля уносит с собой весь или большую часть соседнего эфира - точка зрения, которая, если она верна, должна чрезвычайно усложнить теорию обычной астрономической аберрации, как объясняется в начале предыдущей главы.

Но теперь поставим вопрос иначе. *Может* ли материя увлекать за собой соседний эфир при своем движении? Полностью откажитесь от земли; ее движение очень быстрое, но слишком неконтролируемое, и это всегда дает отрицательные результаты. Возьмите комочек материи, с которым вы можете иметь дело, и посмотрите, не увлекает ли он за собой немного эфира.

Это эксперимент, который я поставил перед собой и который я проводил в течение 1891-97 годов. По существу его можно описать так:—

Возьмите стальной диск, или, скорее, пару больших стальных дисков диаметром в ярд, скрепленных вместе с промежутком между ними. Установите систему на вертикальной оси и вращайте ее, как трезвенницу, так быстро, как только она выдержит, не разлетевшись на куски. Затем возьмите параллельный луч света, разделите его на две части с помощью полупрозрачного зеркала, *М*, куска стекла, посеребренного настолько тонко, что оно пропускает половину света и отражает другую половину, примерно как на рис. 7; и направьте две половины этого разделенного луча по кругу в противоположных направлениях в пространстве между дисками. Таким образом, они могут преодолевать расстояние в 20, 30 или 40 футов. В конечном итоге им разрешается встретиться и войти в телескоп. Если они прошли совершенно одинаковые расстояния, им не нужно вмешиваться, но обычно расстояния будут отличаться примерно на стотысячную долю дюйма, чего вполне достаточно для возникновения помех.

Зеркала, которые отражают свет по кругу между дисками, показаны на рис. 11. Если они образуют точный квадрат, то последние два изображения будут совпадать, но если зеркала наименее наклонены друг к другу под любым углом, равным 360° , последнее изображение разделяется на два, как в хорошо известном калейдоскопе, и интерференционные полосы можно рассматривать как результат действия этих двух источников. Центральная белая полоса обычно делит пополам расстояние между ними, и их расстояние определяет ширину полос. Здесь есть много интересных оптических деталей, но я не буду вдаваться в них.

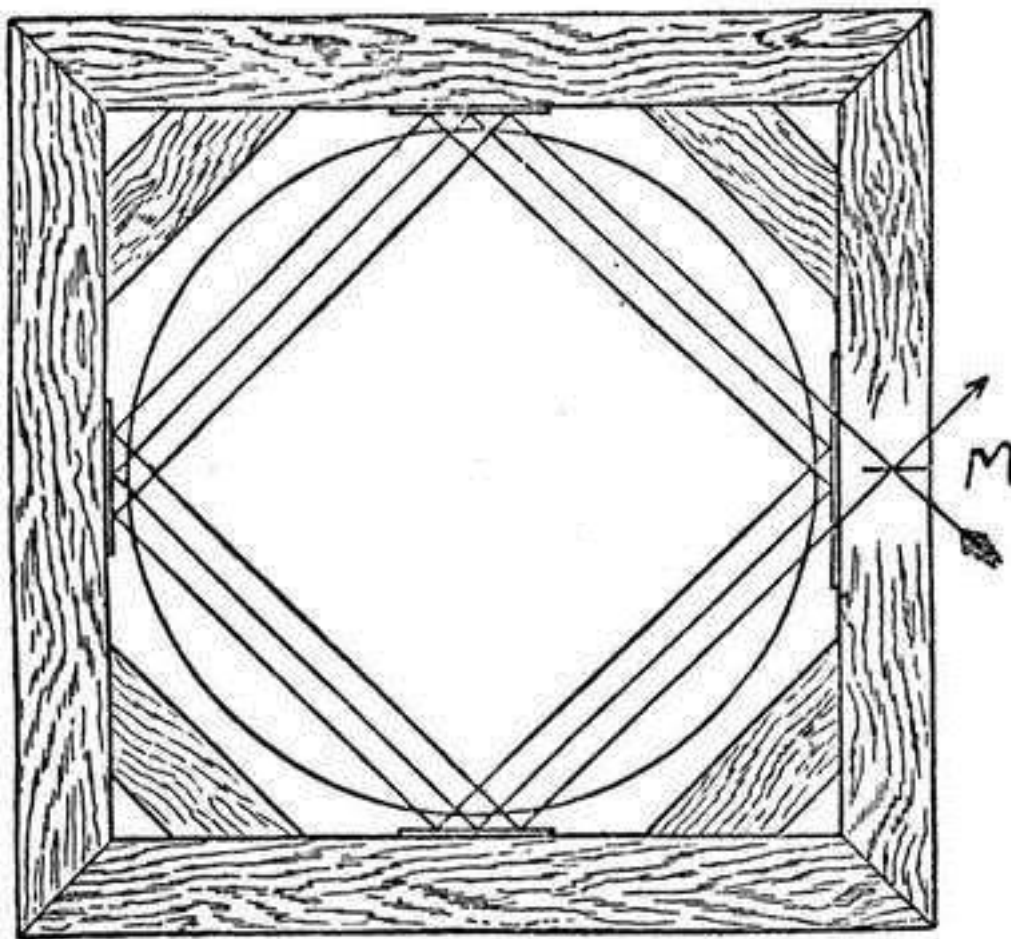


Рис. 11.

Схематический план оптической рамки для эфирной машины; со стальными дисками диаметром в один ярд внутри рамки. Само устройство показано на рис. 13 и 14 и рис. 12. М представляет собой полупрозрачное зеркало, отражающее половину падающего луча и пропускающее другую половину. Каждая из двух полулучек проходит три раза по квадратному контуру в противоположных направлениях, а затем соединяется. Это продолжение идеи рис. 7.

Важно понаблюдать, способно ли движение дисков заменить светлую полосу на темную или наоборот. Если это так, то это означает, что один из полулучей, а именно. тому, что движется в том же направлении, что и диски, оказывается небольшая помощь, эквивалентная сокращению пути примерно на четверть миллионной дюйма по всей длине 30 футов; в то время как другая половина балки, а именно. который движется против движения дисков, замедляется или его путь практически удлиняется на ту же величину.

Если это ускорение и замедление действительно происходят, волны, которые не мешали друг другу при встрече до движения дисков, будут мешать и сейчас; ибо одна из них достигнет общей цели на половину длины позади другой.

Теперь постепенное изменение светлого пространства на темное и наоборот проявляется для наблюдателя, смотрящего на полосы, как постепенное изменение положения ярких полос или смещение полос. Сдвиг полос, и особенно средней белой полосы, которая гораздо

более стабильна, чем другие, - это то, что мы ищем. Средняя полоса свободна или должна быть свободна от движения, подобного "гармошке", которое может заразить остальные.

Сначала я наблюдал значительное смещение. В первом эксперименте ленты перемещались по полю по мере того, как диски набирали скорость, пока поперечная проволока не преодолела полторы полосы. Условия были таковы, что если бы эфир вращался с полной скоростью дисков, я бы увидел сдвиг на три полосы. Это выглядело очень похоже на то, как если бы свет продвигался со скоростью, вдвое меньшей скорости движущегося вещества, точно так же, как это происходит внутри воды.

После остановки дисков ленты вернулись в свое старое положение. При повторном запуске в противоположном направлении полосы должны были бы сместиться и в другую сторону, если бы эффект был подлинным; но они этого не сделали; они пошли тем же путем, что и раньше.

Таким образом, сдвиг был полностью ложным; он был вызван центробежной силой струи воздуха, отброшенной от движущихся дисков. Зеркала и рамы должны были быть защищены от этого. Пришлось внести множество других мелких изменений, и постепенно ложных сдвигов становилось все меньше и меньше, в основном благодаря мастерству и терпению моего помощника, мистера Бенджамина Дэвиса, пока в настоящее время от них не осталось и следа.

Но эксперимент не из легких. Дутье не только создает давление, но и при высоких скоростях взбивания воздух становится довольно горячим. Более того, дрожание вращающейся машины, на которую иногда затрачивается от четырех до девяти лошадиных сил, слишком часто передается оптической части устройства. Конечно, против этого принимаются тщательные меры предосторожности. Хотя две части, механическая и оптическая, расположены так близко друг к другу, их опоры полностью независимы. Но они должны покоиться на одной земле, и, следовательно, не отсутствуют сообщающиеся толчки. Они являются причиной большинства незначительных остаточных проблем.

Весь эксперимент описан довольно подробно в *"Философских трудах Королевского общества"* за 1893 и 1897 годы. Также описаны некоторые дополнительные модификации, посредством которых вращающиеся диски наэлектризованы — также без оптического эффекта, и также намагничены; или, скорее, вместо стальных дисков используется большая масса железа, сильно намагниченная током.

Однако эффект всегда был нулевым, когда устранялись ложные результаты; и ясно, что ни электрификация, ни намагничивание ни с какой практически возможной скоростью не придают материи сколько-нибудь заметного вязкого сцепления с эфиром. Атомы *должны* быть способны приводить его в вибрацию, если они колеблются или вращаются с достаточной скоростью; в противном случае они не испускали бы свет или какое-либо другое излучение; но ни в коем случае не кажется, что они тянут его за собой или встречают сопротивление при каком-либо равномерном движении через него. Эффективно только их ускорение.

В свете электронной теории Лармора мы теперь знаем, что ускорение атомов или, скорее, заряд на атоме обязательно генерирует излучение, пропорциональное по величине *квадрату* ускорения — будь то тангенциальное или нормальное. Нет теоретических оснований предполагать какое-либо влияние на равномерную скорость. И даже влияние на ускорение чрезвычайно мало при обычных обстоятельствах. Только во время сильного столкновения эфирные волны свободно возбуждаются. Настоящий эксперимент, однако, не имеет ничего

общего с ускорением: это проверка вязкости. Член ускорения существует при движении даже в идеальной жидкости.

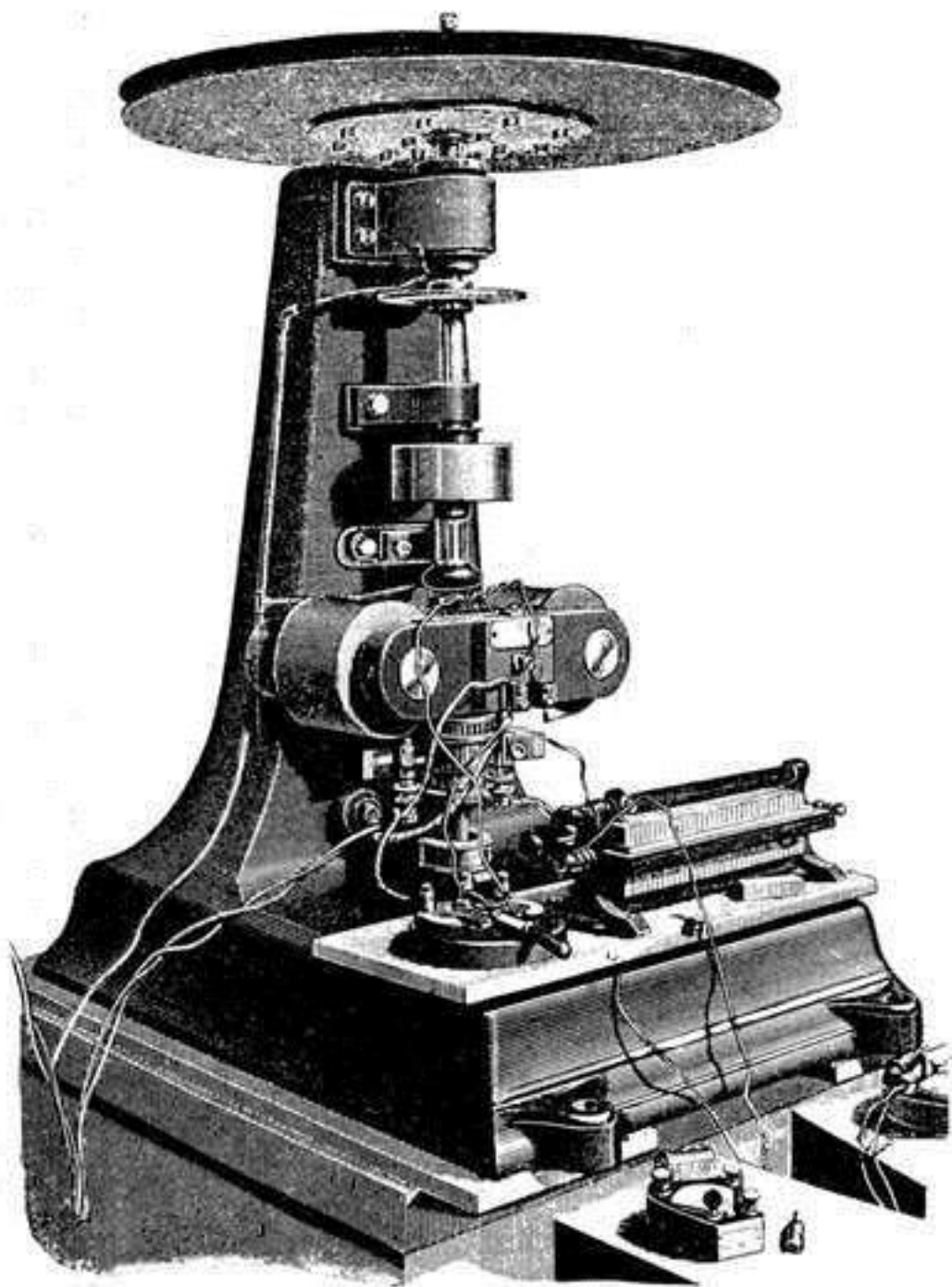


Рис. 12. Общий вид
вращающейся части эфирной машины с парой стальных дисков и двигателем.

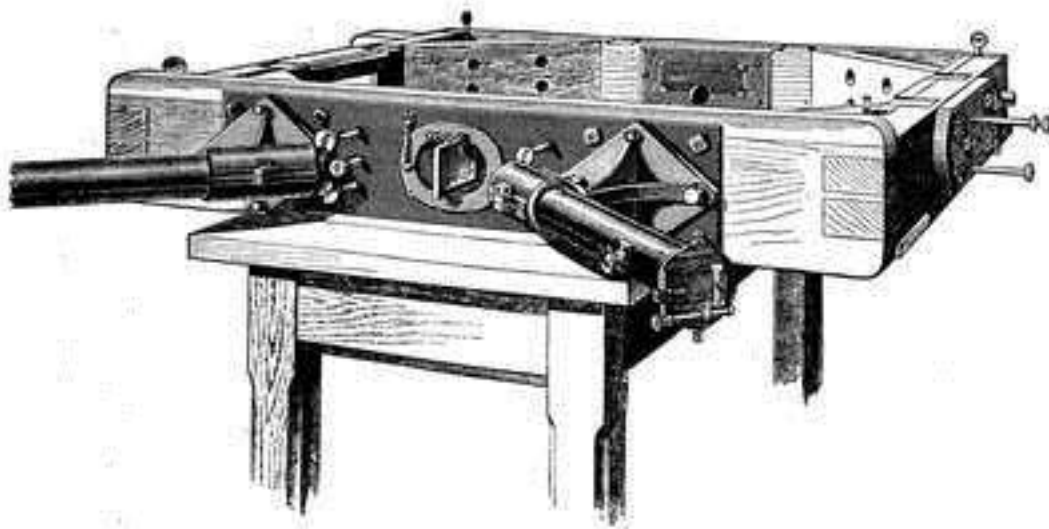


Рис. 13. Общий вид

оптического каркаса — поддерживающих зеркал, телескопа и коллиматора - окружающих диски эфирной машины. Сравните рис. 11.

Вывод, к которому я пришел в 1892 и 1893 годах, выражен следующим образом (стр. 777 тома 184 *Philosophical Transactions of the Royal Society*):

"Я уверен либо в том, что эфир между дисками совершенно не подвержен влиянию их движения, либо, если вообще подвержен, чему-то меньшему, чем тысячная доля. В то же время, постольку, поскольку строго доказать, то я предпочел бы утверждать, что *скорость света между двумя стальными пластинами, движутся вместе в собственном самолете дюйма друг от друга не повышается или понижается так сильно, как $1/200$ -й части скорости их движения.*"

К такому выводу пришли в 1893 году; но с тех пор наблюдения были продолжены, и теперь вполне безопасно заменить $1/200$ -ю на $1/1000$ -ю. Вращение иногда продолжалось в течение трех часов, чтобы посмотреть, проявится ли эффект со временем; и были приняты многие другие меры предосторожности, о чем кратко рассказано в "*Philosophical Transactions*" за 1897 год.

Следующие иллюстрации дают представление об используемом устройстве.

На рис. 12 показана фотография вращающейся машины перед тем, как ее прикрутили болтами к каменному столбу; пара дисков наверху готова к вращению с помощью якоря на валу, на который подается ток, иногда достигающий девяти лошадиных сил. Обмотка якоря имела низкое сопротивление и была специально закреплена таким образом, чтобы обеспечивать высокую скорость, не вылетая наружу и не создавая слишком большой обратной силы. Отчетливо видны амперметр и вольтметр, а также углеродный реостат (в цепи якоря) для регулирования частоты вращения. Гладкий шкив на валу предназначен для приведения в действие тормоза. Небольшой диск над ним перфорирован, чтобы выполнять роль сирены для оценки скорости; но впоследствии были добавлены другие устройства для этой цели. Два больших диска наверху были сделаны из лучшей циркулярной стали; они несколько толще в середине, чем по краям, и прочно закреплены болтами между железными выступами, которые прикреплены к валу. Нижний конец вала представляет собой ступенчатую опору из закаленной стали в резервуаре с маслом. Верхний хомут эластичен, что обеспечивает устойчивое движение трезвенника на высоких скоростях.

Рис. 13 представляет собой фотографию оптического квадрата, который в конечном итоге должен был быть размещен вокруг дисков. Показаны щель и коллиматор; микрометрический конец наблюдательного телескопа отсутствует на рисунке.

Зеркала по бокам квадрата имеют точную плоскость; они регулируются по геометрическим принципам и прижимаются к своим опорам прочными спиральными пружинами. Они были сделаны Хильгером.

Чертеж устройства приведен на рис. 14, и здесь виден двойной микрометрический окуляр.

На рис. 15 показано смонтированное устройство в целом. Вращающаяся машина прочно прикреплена болтами к каменному столбу независимо от пола; оптическая рама независимо поддерживается рамкой виселицы от других столбов. Спереди виден центробежный ртутный указатель скорости, и мистер Дэвис регулирует скорость. Сзади виден экран в виде котла для наблюдателя, который смотрит в телескоп. (См. [Фронтиспис.](#))

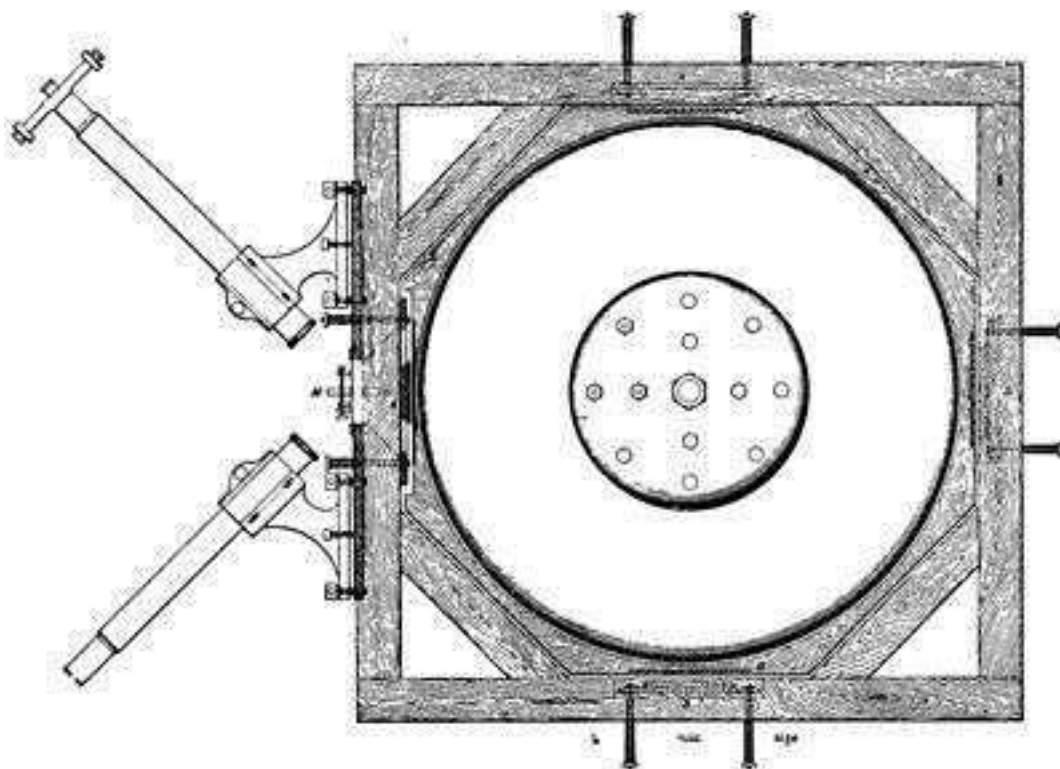


Рис. 14. Схема

оптической рамки со стальным диском на месте и застекленным барабаном для их отделения от рамки. G представляет собой одну из панелей оптического стекла. Показаны также опоры телескопа и коллиматора и часть крепления четырех зеркал 1.2.3.4., три из которых вставлены в углубления в деревянной раме, каждое зеркало удерживается латунной пластиной, поддерживаемой тремя тонко нарезанными винтами, к которым оно прижимается пружинными болтами. Показано, что это полупрозрачное зеркало

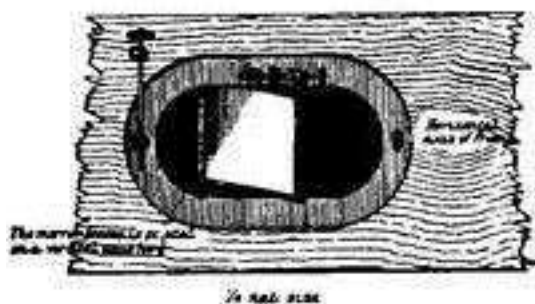


Рис. 14. Способ установки полупрозрачного зеркала М таким образом, чтобы придать отраженному лучу движение по высоте и азимуту

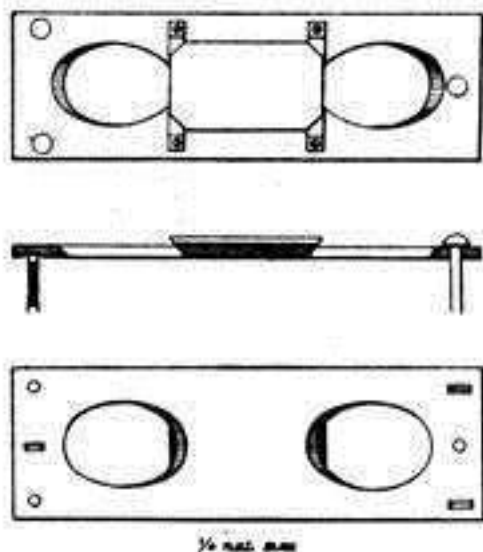


Рис. 14. Детали латунной пластины, поддерживающей четвертое зеркало, вид спереди, сбоку и сзади Вид сзади показывает три паза, в которые упираются концы опорных винтов, обеспечивающих точную регулировку, при этом пластина поддерживается тремя жесткими толчками и тремя эластичными натяжениями.

Расходы на установку взял на себя мой друг покойный Джордж Холт, судовладелец из Ливерпуля.

На рис. 16 показано нечто подобное тому, что видно на окуляре, с интерференционными полосами по обе стороны от средней полосы и с установленными на месте микрометрическими проводами, каждый из которых перемещается независимой микрометрической головкой. Прямая вертикальная проволока обычно устанавливалась в центре средней белой полосы, а Х проволока - на желтой стороне первой цветной полосы с одной или другой стороны.

Метод наблюдения в настоящее время заключается в установке провода микрометра точно по центру средней полосы, в то время как другой провод обычно устанавливается на первой полосе слева. Затем считываются показания микрометрических головок, и настройка повторяется один или два раза, чтобы увидеть, насколько точно и надежно их можно установить в одно и то же положение. Затем мы начинаем вращать диски, и когда они движутся с

некоторой высокой скоростью, измеряемой звуком сирены и другими способами, провода микрометра сбрасываются и считываются — сбрасываются несколько раз и считываются каждый раз. Затем диски останавливаются и снимаются новые показания. Затем их движение меняется на обратное, провода устанавливаются и считываются снова; и, наконец, движение еще раз останавливается и снимается другой набор показаний. Таким образом, одновременно получается абсолютный сдвиг средней полосы и ее относительная интерпретация в терминах длины волны, поскольку расстояние от одного провода до другого, которое часто составляет два оборота микрометрической головки, представляет собой сдвиг длины волны в целом.

В лучших экспериментах я все еще часто вижу что-то вроде пятидесятой смещения полосы; но это вызвано остаточными паразитными причинами, поскольку оно повторяется с достаточной точностью в том же направлении, когда диски вращаются в другую сторону.

Реального обратимого сдвига из-за движения эфира я ничего не вижу. Я не верю, что эфир движется. Он не движется и на пятисотую долю скорости стальных дисков. Дальнейший опыт подтверждает и усиливает эту оценку, и мой вывод состоит в том, что такие вещи, как циркулярные пилы, маховики, железнодорожные составы и все обычные массы материи, в значительной степени не несут с собой эфир. Их движение, кажется, нисколько не нарушает его.

Предполагается, что то же самое верно и для земли; но земля — большое тело, и вполне возможно, что такая огромная масса может действовать, когда небольшая масса потерпела бы неудачу. Я не хотел бы быть слишком уверенным в отношении земли — по крайней мере, не на строго экспериментальной основе. В чем я действительно уверен, так это в том, что если движущаяся материя вообще возмущает эфир по соседству, то она делает это за счет какого-то незначительного действия, сравнимого по величине, возможно, с гравитацией, и, возможно, за счет того же свойства, которым обязана гравитация, а не за счет чего-либо, что можно справедливо сравнить с эфирной вязкостью. Насколько позволяет эксперимент, мы пришли к выводу, что вязкость эфира, или трение жидкости, равна нулю. И это вполне разумный вывод.

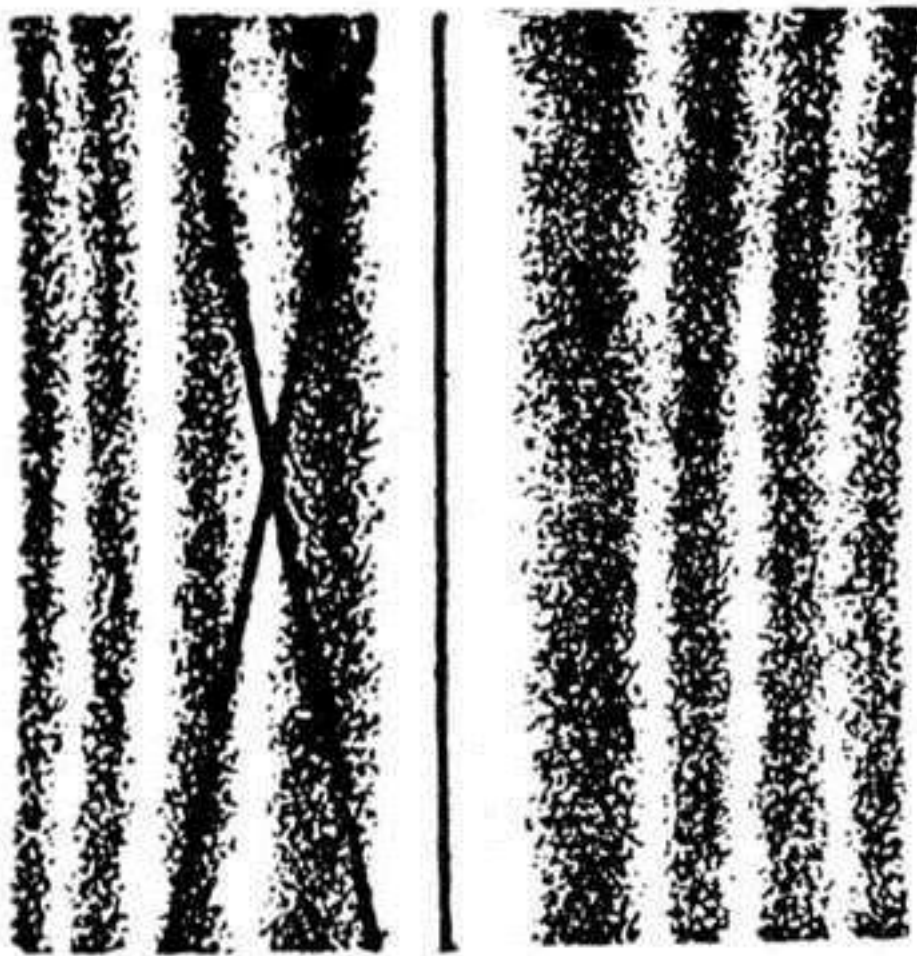


Рис. 16.

Приблизительный вид интерференционных полос и микрометрических проволочек, видимых в окуляре телескопа Ether machine.

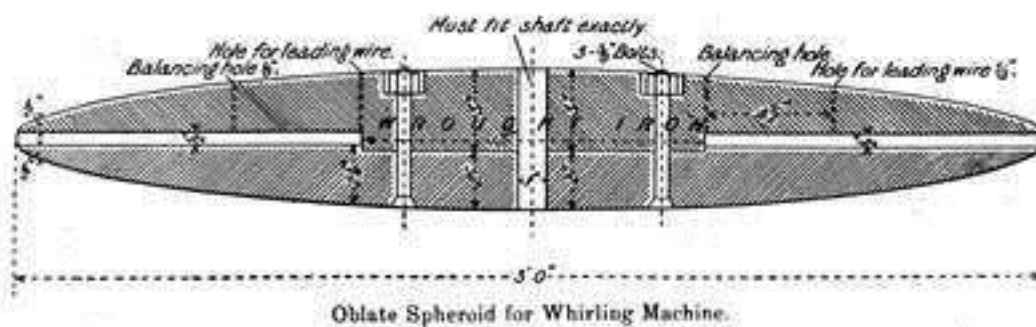


Рис. 17. Сечение

сплюснутого сфероида из мягкого железа для вихревой машины, показывающее устройство для намотки центрального сердечника проволокой, позволяющее сильно намагничивать его при вращении внутри оптической рамки.

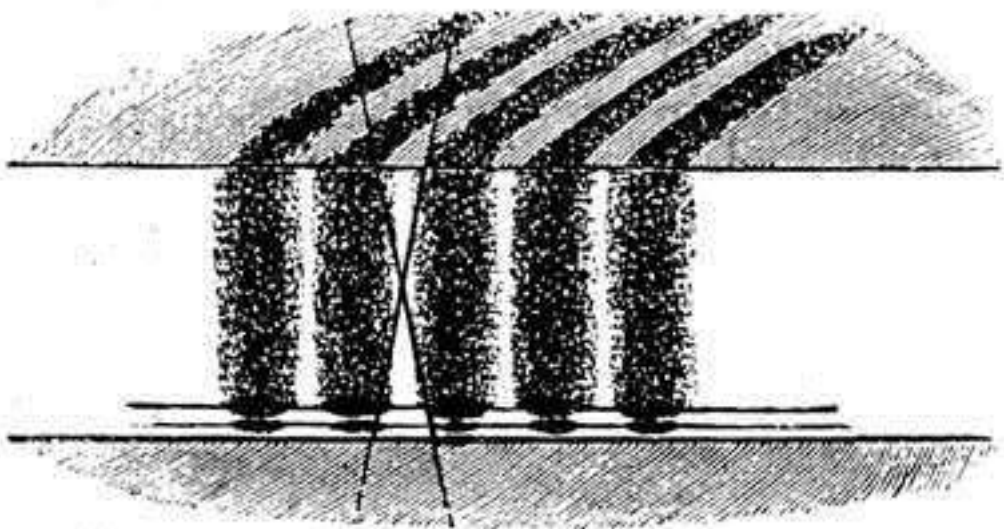


Рис. 18. Внешний вид интерференционных полос в канале железного сфероида. Они отразились на верхнем железе, как показано на рисунке.

Намагничивание.

Для проверки действия магнетизма из специально отобранного мягкого железа был изготовлен сплюснутый сфероид диаметром 3 фута и весом почти тонну. Его сечение показано на рис. 17. Он имел кольцевой канал или канавку шириной в полдюйма и глубиной в 1 фут, по дну которой был намотан километр изолированного провода на глубину $4\frac{1}{2}$ дюйма; выводы которого выводились к скользящим контактам на валу, так что все это могло быть очень сильно намагничено во время вращения. Все было устроено так, чтобы быть симметричным относительно центральной оси.

К катушке провода, сопротивление которой составляло 30 Ом, обычно подавалось напряжение 110 Вольт, а в исключительных случаях - 220 вольт. Магнитное поле напряжением 110 Вольт составляло в среднем около 1800 градусов Цельсия по всей основной области, через которую циркулировал луч света.

Это светоносное пространство, или зазор в магнитной цепи, было шириной всего в полдюйма; и соответственно в окуляр можно было видеть железные поверхности сверху и снизу, а также интерференционные полосы в световом зазоре. Весь внешний вид изображен на рис. 18.

Электрификация.

Для эксперимента по электрификации третий изолированный диск зажимали между двумя стальными дисками и поддерживали наэлектризованным до искрящего напряжения. Схема показана в уменьшенном масштабе на рис. 19.

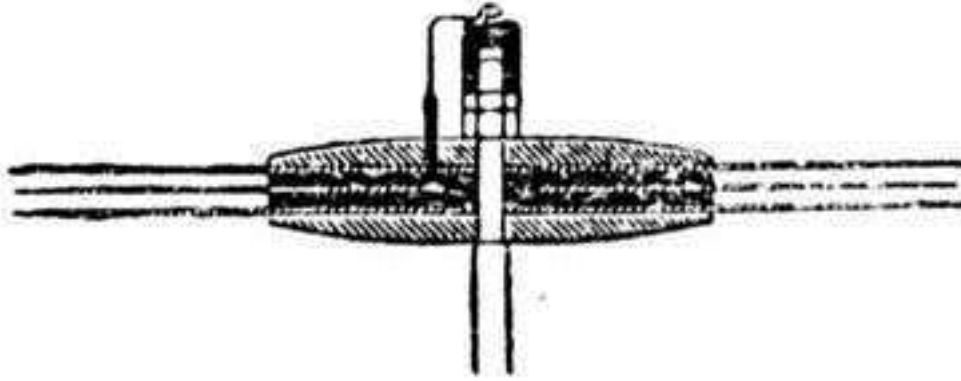


Рис. 19. Устройство

для наэлектризовывания третьего или среднего стального диска до искрообразования во время вращения.

Тест на электризацию было исключительно легко провести, подключив изолированный зарядный штырь к действующей машине Voss: потому что, когда диски вращались, а ленты были в хорошем состоянии, электрификацию можно было мгновенно применить, снять, повернуть вспять или сделать что угодно по желанию; и можно было точно определить эффект внезапного снижения потенциала из-за искр, проходящих между вращающимися пластинами.

Вывод моей второй статьи о *философских трудах*, опубликованной в 1897 году, заключается в том, что *ни электрическое, ни магнитное поперечное поле не придают вязкости эфиру и не позволяют движущейся материи захватывать его и перемещать вращательно.*

Вопрос о возможном продольном магнитном дрейфе.

Позже я попробовал также использовать продольное магнитное поле; расположив ряд из четырех больших электрических катушек или длинных катушек вдоль сторон квадрата, вписанного под углом 45° в оптический квадрат, рис. 11 и 13; так что свет проходил вдоль их осей.

Подробности этого эксперимента были записаны лишь частично, но основные моменты можно найти в *Philosophical Magazine* за апрель 1907 г., страницы 495-500.

Результат снова был отрицательным; иными словами, магнитное поле не вызывает заметного ускорения луча света, посылаемого вдоль силовых линий. Дополнительная скорость, которую можно было бы наблюдать, составила бы $\frac{1}{9}$ миллиметра в секунду, или 16 миль в час, для каждой единицы напряженности поля C.G.S..

Другой способ выразить результат состоит в том, что приложенная разница магнитных потенциалов, а именно падение магнитного потенциала на два миллиона единиц Cgs.S., не ускоряет движение света по нему даже на $\frac{1}{50}$ -ю часть длины волны.,,,

Могут быть основания предполагать, что какой-то гораздо более медленный дрейф или перенос, чем этот, действительно вызван в эфире магнитным полем; но если это так, эфир следует рассматривать как настолько чрезмерно плотный, что величина такого дрейфа для любого

практически возможного магнитного поля кажется почти безнадежно недоступной экспериментальным средствам обнаружения.

ГЛАВА VI

ПЛОТНОСТЬ ЭФИРА

Это подводит нас к вопросу о том, возможно ли с какой-либо точностью определить действительную плотность или массивность пространственного эфира по сравнению с теми формами материи, к которым привыкли наши органы чувств.

Аргументы, на основе которых может быть сделана оценка плотности или массивности эфира по сравнению с материей, зависят от следующих соображений, достоверность которых опять-таки зависит от электрической теории материи. В этой теории, или рабочей гипотезе, должно быть сделано предположение: но это то, для чего существует большое количество обоснований, и причины этого приведены во многих книгах, среди прочего в моей книге *оэлектронах*, а также в конце нового издания *Современных взглядов на электричество*, также в моей *Лекции Романеса*, опубликованной Clarendon Press в 1903 году. Короче говоря, предполагается, что материя так или иначе состоит из электронов; которые, опять же, следует рассматривать как существенно отличающиеся особенности, или сингулярности, или определенные структуры в самом эфире. Действительно, одного рассмотрения электронов достаточно для аргументации, при условии, что они обладают массой, которую показывает эксперимент, и размером, который для них определяет электрическая теория: основной идеи, которая, действительно, теперь экспериментально доказана, является то, что их инерция обусловлена их самоиндукцией, то есть магнитным полем, которым они должны быть окружены, пока находятся в движении.

Масса, или инерция, электрона сравнима с тысячной долей массы атома водорода. Его линейный размер, скажем, диаметр, сравним со стотысячной частью того, что обычно называют молекулярным или атомным размером; который сам по себе составляет десятимиллионную долю миллиметра.

Следовательно, поскольку известны масса и объем электрона, определяется его плотность, при условии, что мы можем предположить, что вся его масса зависит от того, что содержится внутри его периферии. Но это последнее предположение совершенно определенно сделать невозможно: его масса по большей части находится вне его самого и должна быть рассчитана с учетом магнитных соображений. (См. Приложение 2.)

Эти подробности изложены в моей статье в *Philosophical Magazine* за апрель 1907 года и в главе XVII "*Современных взглядов на электричество*". Но, не повторяя здесь аргументов, будет достаточно сказать, что, хотя оценки могут быть сделаны различными способами, полностью отличающимися друг от друга, все же результирующие различия незначительны; рассчитанные плотности получаются все того же порядка величины, а именно, что—то сопоставимое с 10^{12} единицами CGS., то есть миллион миллионов граммов на кубический сантиметр, или, другими словами, тысяча тонн на кубический миллиметр.

Но повсюду мы видели основания утверждать, что эфир несжимаем; аргументы в пользу этого приведены в *Современных взглядах на электричество*, глава I. И, действительно, основная среда, заполняющая все пространство, если таковая существует, *должна*, по моему мнению, быть в конечном счете несжимаемой; в противном случае она состояла бы из частей, и нам пришлось бы искать что-то еще более фундаментальное, чтобы заполнить промежутки.

Поскольку эфир несжимаем, а электрон, как предполагается, состоит просто и исключительно из эфира, из этого следует, что он не может быть ни конденсацией, ни разрежением этого материала, но должен представлять собой некоторую особенность структуры или какую-то часть, дифференцированную иным образом. Это могло бы, например, быть нечто аналогичное вихревому кольцу, отличающееся кинетически, то есть по причине своего вращательного движения, от остальной части эфира; или это могло бы быть отлечено статически и быть чем-то, что следовало бы назвать центром деформации или областью закручивания, или чем-то, что в настоящее время невозможно очень четко представить с какой-либо уверенностью; хотя в этом направлении были сделаны различные предположения.

Самый простой план для нас - думать об этом примерно так же, как мы думаем о узле на куске бечевки. Узел ничем не отличается от остальной нити, за исключением своей связанной структуры; он имеет ту же плотность, что и все остальное, и все же он отличается от остального; и, чтобы перестать быть узлом, его пришлось бы развязать — процесс, который мы пока не научились применять к электрону. Если когда-либо такая процедура станет возможной, то электроны, таким образом, будут растворены в общем теле недифференцированного эфира пространства - той части, которая независима от того, что мы называем "материей".

Важное понятие для настоящих целей заключается всего лишь в следующем: плотность недифференцированного, или простого эфира, и плотность связанного, или узловатого, или иным образом модифицированного эфира, составляющего электрон, являются одним и тем же. Следовательно, приведенный выше аргумент, по крайней мере, при правильной проработке, имеет тенденцию устанавливать плотность эфира порядка 10^{12} раз больше, чем у воды.

В такой оценке не должно быть ничего удивительного (хотя я признаю, что есть кое-что очень удивительное); поскольку многие сходящиеся линии аргументации стремятся показать, что обычная материя представляет собой очень пористую или подобную паутинке субстанцию с большими промежутками по сравнению с пространствами, фактически занимаемыми составляющими ее ядрами. Наша концепция материи, если она должна состоять из электронов, неизбежно напоминает концепцию солнечной системы или, скорее, млечного пути, где тут и там есть бесчисленные точки с большими промежутками между ними. Таким образом, средняя плотность всех точек или материальных частиц, взятых вместе, то есть их совокупная масса по сравнению с занимаемым ими пространством, чрезмерно мала.

На огромной протяженности Космоса в целом поражает малый объем реальной материи по сравнению с объемом пустого пространства, как мы покажем непосредственно; и теперь в малом масштабе, среди атомов материи, мы обнаруживаем сходные условия. Даже то, что мы называем самым плотным материалом, имеет чрезвычайно незначительную массу по сравнению с неизменным эфиром, который занимает гораздо большую часть его объема.

Когда мы говорим о плотности *материи*, мы на самом деле, хотя и неосознанно, выражаем групповую плотность модифицированного эфира, составляющего материю, — оцениваемую не

на единицу, а на совокупность; точно так же, как мы могли бы оценить групповую или среднюю плотность облака или тумана. В пересчете на единицу облако имеет плотность воды; в пересчете на совокупность это неосязаемая пленчатая структура, практически не имеющая плотности. Так обстоит дело с паутиной, так, возможно, обстоит дело с хвостом кометы, так же обстоит дело и с Млечным Путем, с космосом — и, как теперь выясняется, с самой обычной материей.

Рассмотрим среднюю плотность материального космоса. Она получается почти невероятно малой. Другими словами, количество материи в пространстве по сравнению с объемом пространства, которое она занимает, почти бесконечно мало. Лорд Кельвин утверждает, что в конечном счете оно должно быть действительно бесконечно малым (*Философский журнал*, август 1901 г. и январь 1902 г.), то есть объем пространства бесконечно больше, чем общая масса материи, которая в нем содержится. В противном случае совокупная сила тяжести — или, по крайней мере, совокупный гравитационный потенциал, — от которого в конечном счете зависит скорость, генерируемая материальными телами, была бы намного больше, чем показывают наблюдения.

Вся видимая вселенная в пределах параллакса, равного $1/1000$ угловой секунды, оценивается лордом Кельвином как эквивалент тысячи миллионов наших солнц; и это количество материи, распределенное таким образом, имело бы среднюю плотность $1 \cdot 6 \times 10^{-23}$ грамма на с.с. Примечательно, насколько чрезвычайно мала эта средняя или совокупная плотность материи в видимой области пространства. Расчетная плотность 10^{-23} с.г.с. означает, что видимый космос настолько же разрежен, чем "вакуум" в стомиллионных долях атмосферы, насколько сам этот вакуум разрежен, чем свинец.

Именно потому, что у нас есть основания утверждать, что любая обычная масса материи состоит, подобно космосу, из отдельных частиц с большими расстояниями между ними пропорционально их размеру, мы можем утверждать, что совокупная плотность обычного вещества, такого как вода или свинец, очень мала по сравнению с сплошной средой, в которой они существуют и из которой, как предполагается, на самом деле состоят все частицы. Таким образом, это ведет к эфиру, что касается плотности, точно так же, как "вакуум", о котором говорилось выше, ведет к эфиру. Сама фундаментальная среда должна иметь везде одинаковую плотность, будь то материализованная или свободная.

ГЛАВА VII

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПОЯСНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОТНОСТИ И ЭНЕРГИИ ЭФИРА

Читатель может предположить, что, говоря об огромной плотности или массивности эфира и абсурдно малой плотности или удельном весе грубой материи для сравнения, я намереваюсь показать, что материя является *разрежением* эфира. Это, однако, не входит в мои намерения. Точка зрения, которую я отстаиваю, заключается в том, что эфир является совершенным *континуумом*, абсолютным *наполнением*, и поэтому никакое разрежение невозможно. Эфир внутри материи такой же плотный, как эфир снаружи, и ничуть не плотнее. Материальная

единица — скажем, электрон — это всего лишь особенность или сингулярность некоторого рода в самом эфире, который повсюду имеет совершенно одинаковую плотность. То, что мы "ощущаем" как материю, представляет собой совокупность или группировку огромного количества таких единиц.

Как же тогда мы можем сказать, что материя в миллионы раз разреженнее или менее материальна, чем эфир, из которого она по существу состоит? Тем, кто испытывает здесь какие-либо трудности, следует подумать о том, что они подразумевают под средней или совокупной плотностью любой прерывистой системы, такой как порошок, или газ, или осадок, или снежная буря, или облако, или млечный путь.

Если настаивать на том, что несправедливо сравнивать явно дискретную совокупность, подобную звездам, с кажущейся непрерывной субстанцией, такой как воздух или свинец, то ответ заключается в том, что это полностью и точно справедливо; поскольку воздух и любая другая известная форма материи, по сути, представляют собой совокупность частиц, и поскольку мы всегда имеем в виду их среднюю плотность. Мы даже не знаем наверняка их индивидуальную атомную плотность.

Фраза "удельный вес или плотность порошка" является двусмысленной. Это может означать удельный вес сухого порошка в том виде, в каком он лежит, например снега; или это может означать удельный вес частиц, из которых он состоит, например льда.

Точно так же и в отношении плотности материи мы могли бы иметь в виду плотность основного материала, из которого состоят ее единицы, — эфира; или мы могли бы иметь в виду, и на практике имеем, плотность совокупного комка, который мы можем видеть и трогать, то есть воды, железа или свинца, в зависимости от обстоятельств.

Говоря, что плотность вещества мала, — я имею в виду, конечно, в последнем, обычном, смысле. Говоря, что плотность эфира велика, я имею в виду, что фактическое вещество, из которого состоят эти высокопористые агрегаты, имеет огромную, почти невероятную плотность. Это всего лишь другой способ сказать, что предельных единиц материи мало и они находятся далеко друг от друга, то есть что они чрезмерно малы по сравнению с расстояниями между ними; точно так же, как планет солнечной системы или небесных миров мало и находятся далеко друг от друга, — промежуточные расстояния огромны по сравнению с участками пространства, фактически занятыми кусками материи.

Можно отметить, что вполне разумно утверждать, что плотность *континуума* обязательно больше плотности любого несвязанного агрегата: безусловно, любой совокупности, частицы которой на самом деле состоят из материала *континуума*. Потому что первое "все здесь", везде, без каких-либо перерывов; в то время как во втором есть промежутки - оно есть здесь и там, но не везде.

Действительно, именно этот аргумент давным-давно использовал выдающийся гений Роберт Гук, и я цитирую отрывок, который профессор Пойнтинг обнаружил в своем посмертном собрании сочинений и любезно скопировал для меня:

Что касается *материи*, которую я считаю по своей сути неизменной, а ее сущность - определяемой выражением, то она не может быть изменена в своем количестве ни путем сгущения, ни разрежения; то есть не может быть больше или меньше этой силы или

реальности, какой бы она ни была, в пределах одного и того же выражения или содержания; но каждое равное выражение содержит, наполнено или представляет собой равное количество *материи*; и самое плотное, или самое тяжелое, или самое могущественное тело в мире содержит не больше материи, чем то, что мы считаем самым редким, тончайшим, легковесным или наименее мощным веществом из всех; например, золото *изфир*, или вещество, заполняющее полость опорожненного сосуда, или полость стекла барометра над ртутью. Более того, как я впоследствии докажу, эта полость более заполнена или представляет собой более плотное тело эфира, в общепринятом смысле этого слова, чем золото состоит из золота, объем к объему; и это потому, что одно, а именно. масса эфира - это весь эфир; но масса золота, которую мы себе представляем, не полностью состоит из золота; но в нем присутствует смесь эфира, и гораздо большая, чем обычно предполагается; так что пустота, как это обычно считается или ошибочно предполагается, является более плотным телом, чем золото как таковое. Но если мы рассматриваем все содержание одного вместе с содержанием другого в пределах одинакового или равного объема изложения, то оба они в равной степени содержат *материю* или тело". — [Из посмертных работ Роберта Гука, доктора медицины, F.R.S., 1705, стр. 171-2 (как скопировано в "Мемуарах Далтона" Ангуса Смитта).]

Современники Ньютона не отличались способностью к ясному выражению, как он сам; но профессор Пойнтинг интерпретирует эту необычную попытку высказывания следующим образом: "Все пространство заполнено одинаково плотной *материей*. Золото заполняет лишь малую часть отведенного ему пространства, и все же имеет большую массу. Насколько больше должна быть общая масса, заполняющая это пространство".

Здесь делается молчаливое допущение, что все частицы совокупности состоят из одной и той же непрерывной субстанции, — практически, что материя состоит из эфира; и это допущение во времена Гука, должно быть, было всего лишь предположением. Но это тот вид спекуляций, который оправдывает время, это тот вид истины, который, как мы все чувствуем, сейчас находится в процессе утверждения.^[6]

Однако мы не зависим от аргументов такого рода; мы зависим от экспериментального измерения массы и математической оценки объема электрона. Поскольку расчеты показывают, что, как бы ни учитывалась масса — электростатически, магнитно или гидродинамически, — оценка отношения массы к эффективному объему может отличаться только числовым коэффициентом и не может отличаться по порядку величины. Единственным выходом из этого вывода было бы открытие, что отрицательный электрон не является реальной или основной единицей материи, а является лишь вспомогательным ингредиентом; тогда как основная масса - это более объемный положительный заряд. Однако эта последняя гипотеза в настоящее время слишком расплывчата, чтобы быть полезной. Более того, масса такого заряда в этом случае была бы необъяснимой и потребовала бы дальнейшего шага; который, вероятно, привел бы нас к почти такой же плотности эфира, какая используется в оценке, которую я основал на более знакомом и послушном отрицательном электроне. (См. Приложение 2.)

Можно сказать, зачем вообще предполагать какую-либо конечную плотность эфира? Почему бы не предположить, что, поскольку она бесконечно непрерывна, она также бесконечно плотна — что бы это ни значило — и что все ее свойства бесконечны? Это было бы возможно, если бы не

скорость света. Передавая волны с конечной и измеримой скоростью, эфир выдал себя и впустил все возможности расчета и числового утверждения. Таким образом, его свойства проявляются как по существу конечные — какими бы бесконечными ни оказались все его масштабы. В скобках мы можем отметить, что "гравитация" еще не проявила какого-либо подобного рода конечного свойства; и именно поэтому мы так мало о ней знаем.

ЭФИРНАЯ ЭНЕРГИЯ.

Тогда вместо того, чтобы говорить, что плотность эфира велика, самый ясный способ выражения - сказать, что плотность материи мала. Точно так же мы можем сказать, что плотность видимого космоса мала, хотя в отдельных комочках его плотность сравнима с плотностью железа или камня.

Рискуя повториться, я объяснил это снова, потому что по этому вопросу легко может возникнуть путаница. Действительно важной вещью в эфире является не столько его плотность, рассматриваемая сама по себе, сколько энергия, которую эта плотность обязательно включает в себя согласно любой кинетической теории его упругости. Ибо не исключено — каким бы безнадежным это ни казалось сейчас, — что когда-нибудь капля этой энергии может быть частично использована.

Зарождающаяся кинетическая теория упругости лорда Кельвина - сложный вопрос, и я лишь вкратце коснусь ее. Но прежде чем сделать это, я хочу устранить возражение, которое иногда возникает по поводу текучего и легкопроницаемого характера среды такой большой плотности, то есть по поводу отсутствия трения или вязкости - отсутствия сопротивления движущимся по ней телам. На самом деле нет никакой необходимой связи между плотностью и вязкостью.

"Плотность" и "Вязкость" - совершенно разные вещи; и, если нет трения жидкости, жидкость может иметь любую плотность, какую вам заблагорассудится, не создавая никаких препятствий для постоянной скорости. Ускорению оно действительно противостоит препятствию, но это, по сути, является частью инерции или массивности движущегося тела. Это вносит свой вклад в его импульс; и, если жидкость присутствует повсюду, невозможно провести различие или рассматривать отдельно ту часть инерции, которая принадлежит вытесняемой жидкости, и ту часть, которая принадлежит телу, движущемуся через нее, — за исключением теории.

Что касается эластичности эфира, то это сразу же можно определить по скорости, с которой он передает волны. Эта скорость — скорость света — точно известна, 3×10^{10} сантиметров в секунду. И отношение упругости или жесткости к плотности равно квадрату этой скорости; то есть упругость должна быть 9×10^{20} раз больше плотности; или, другими словами, 10^{33} единиц CGS. Это прямое следствие оценки плотности и факта скорости света; и если принять плотность, другое не может быть оспорено.

Но мы должны продолжить и спросить, чем обусловлена эта жесткость? Если эфир не состоит из частей и если он текуч, то как он может обладать жесткостью, соответствующей твердому телу, чтобы передавать поперечные волны? Чтобы ответить на это, мы должны обратиться к кинетической теории упругости лорда Кельвина: — что это должно быть вызвано вращательным движением — тонким мелкозернистым движением по всей эфирной области - движением не по природе передвижения, а циркуляции по замкнутым кривым, возвращающимся само на себя, — вихревым движением, гораздо более мелкозернистым, чем любые волны света или любая атомная или даже электронная структура.

Теперь, если упругость какой—либо среды должна быть таким образом объяснена кинетически, то из этого следует, как необходимоследствие, что скорость этого внутреннего движения должна быть сравнима со скоростью распространения волны; то есть внутренняя извивающаяся циркуляция, которой подвержена каждая часть эфира, должна осуществляться со скоростью того же порядка величины, что и скорость света.

Таким образом, это теория — теория упругости как зависящей от движения, — которая в сочетании с оценкой плотности делает внутреннюю энергию эфира такой гигантской. Ибо в каждом кубическом миллиметре пространства мы имеем, согласно этой точке зрения, массу, эквивалентную тому, что, если бы это была материя, мы назвали бы тысячей тонн, циркулирующую внутри, в каждой ее части, со скоростью, сравнимой со скоростью света, и, следовательно, содержащую — запасенное в этой небольшой области пространства — количество энергии порядка 10^{29} эрг, или, что то же самое, 3×10^{11} киловатт-столетий; что иначе можно выразить как энергию станции мощностью в миллион лошадиных сил, работающей непрерывно в течение сорока лет. миллион лет.

Обобщенные краткие Заявления, касающиеся
Эфира

(Как сообщено автором Британской ассоциации
в Лестере в 1907 году).

1. Теория о том, что электрический заряд должен обладать эквивалентом инерции, была четко изложена Дж.Дж. Томсоном в *Philosophical Magazine* за апрель 1881 г.
2. Открытие масс, меньших, чем атомы, было сделано экспериментально Дж.Дж. Томсоном и доведено до сведения Секции А в Дувре в 1899 году.
3. Тезис о том, что открытые таким образом частицы полностью состоят из электрических зарядов, поддерживался многими людьми и был окончательно подтвержден экспериментами Кауфмана в 1902 году.
4. Концентрация ионного заряда, необходимая для придания наблюдаемой корпускулярной инерции, может быть легко рассчитана; и, следовательно, известен размер электрического ядра, или электрона.
5. Старое представление о кинетичности магнитного поля было развито Кельвином, Хевисайдом, Фитцджеральдом, Хиксом и Лармором, большинство из которых рассматривали его как течение вдоль магнитных линий; хотя его также, возможно, с таким же успехом можно рассматривать как течение, перпендикулярное им и вдоль вектора Пойнтинга. Первая доктрина поддерживается Лармором как в соответствии с принципом наименьшего действия, так и с абсолютно стационарным характером эфира в целом; последняя точка зрения, по-видимому, более согласуется с теориями Дж.Дж. Томсона.
6. Хорошо известно, что движущийся заряд окружен магнитным полем; и энергия движения может быть выражена в терминах энергии этого сопутствующего поля, которое снова следует учитывать как кинетическую энергию эфирного потока.
7. Сопоставляя эти вещи и рассматривая эфир как существенно несжимаемый — на основании электрического эксперимента Кавендиша, фактов гравитации и общей идеи связывающей

сплошной среды — автор считает, что для динамического взаимодействия с эфиром его следует рассматривать как имеющий плотность порядка 10^{12} граммов на кубический сантиметр. (См. Приложение 2.)

8. Существование поперечных волн внутри жидкости может быть объяснено только на основе принципов гиростатики, то есть кинетической или вращательной упругости по Лорду Кельвину. И скорость внутренней циркуляции при собственном движении такой жидкости должна быть сравнима со скоростью, с которой передаются такие волны.

9. Если сложить все это вместе, то получается, что внутренняя, или конститутивная вихревая энергия эфира должна составлять порядка 10^{33} эргов на кубический сантиметр.

Заключение. Таким образом, каждый кубический миллиметр вселенского космического эфира должен обладать эквивалентом тысячи тонн, и каждая его часть должна извиваться внутри со скоростью света.

ГЛАВА VIII

ЭФИР И МАТЕРИЯ

МЕХАНИЧЕСКАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ В ЗАПОЛНЕНИИ ПРОСТРАНСТВА СПЛОШНОЙ СРЕДОЙ

В этой главе я предлагаю в простой и последовательной форме резюмировать большинство уже использованных аргументов. Тридцать лет назад клерк Максвелл выступил перед Королевским институтом Великобритании с замечательной речью на тему "Действие на расстоянии". Об этом сообщается в журнале R.I., Vol. VII, и на это я бы обратил внимание. Большинство натурфилософов придерживаются мнения, что действие на расстоянии через пустое пространство невозможно; другими словами, что материя не может действовать там, где ее нет, а только там, где она есть. Вопрос "Где это?" - это еще один вопрос, который может потребовать внимания и большего, чем поверхностный ответ. Ибо на основании гидродинамической или вихревой теории материи, а также электрической теории можно утверждать, что каждый атом материи имеет универсальную, хотя и почти бесконечно малую распространенность и распространяется повсюду; поскольку нет определенной резкой границы или ограничивающей периферии в области, нарушенной его существованием. Силовые линии изолированного электрического заряда простираются по всему безграничному пространству. И хотя заряд противоположного знака искривляет и концентрирует их, все же можно иметь дело с обоими зарядами методом суперпозиции, как если бы каждый из них существовал отдельно друг от друга.

Следовательно, в этом случае, как бы далеко они ни летели, такие ядра явно не оказывают "действия на расстоянии" в техническом смысле.

У некоторых философов есть основания предполагать, что разум может воздействовать непосредственно на разум без вмешательства какого—либо механизма, - и иногда об этом говорят как о подлинном действии на расстоянии; но невозможно создать надлежащую концепцию или физическую модель такого процесса, и неясно, имеют ли "пространство" и

"дистанция" какое-либо особое значение в области психологии. Связь между разумом и психикой может быть чем-то совершенно иным, чем физическая близость; и, отрицая действие на расстоянии через пустое пространство, я не отрицаю телепатию или другие действия нефизического характера. Ибо, хотя нарушение работы мозга, безусловно, физическое и является существенным спутником умственных действий, будь то отправляющих или принимающих, все же из случая с теплом мы знаем, что материальное движение может быть возбуждено в одном месте за счет соответствующего движения в другом, без какого-либо подобного рода передачи или материальной связи между двумя местами: то, что перемещается через вакуум, не является теплом.

Однако во всех случаях, когда речь идет о физическом движении, я бы искал носителя. Это может быть не материя, но это должно быть что-то; должно быть какое-то связующее звено, иначе перенос не может произойти. В действительно пустом пространстве не может быть притяжения. И даже когда материальная связь существует, так что связь очевидна, объяснение неполное; ибо когда механизм притяжения будет понят, обнаружится, что тело действительно движется только потому, что его подталкивает что-то сзади. Существенная сила в природе - это *противник*. Поэтому, когда мы находим "следы" или обнаруживаем связующую нить, мы все еще сталкиваемся со словом "сплоченность"; и нам следует поупражняться в своем уме относительно его окончательного значения. Почему при вытягивании за один конец стержня следует весь стержень, требует объяснения; и единственное объяснение, которое может быть дано, предполагает, в той или иной форме, непрерывную среду, соединяющую дискретные и разделенные частицы или атомы вещества.

Когда стальная пружина изгибается или деформируется, что же на самом деле натягивается? Не атомы — атомы только смещены; напряжены связующие звенья - связующая среда - эфир. Деформация пружины на самом деле является искажением эфира. Все напряжения существуют в эфире. Материю можно только перемещать. Контакт не существует между атомами материи, как мы знаем их; это сомнительно, если кусок материи никогда не берет еще один кусок, больше, чем комета заденет солнце, когда оно появляется на отскок от него; но атомы соединяются, как комета и солнце соединяются, путем непрерывного *нагнетания* без разрыва или разрыва какого-либо рода. Материя воздействует на материю только через эфир. Но является ли материя чем-то совершенно отличным и отделенным от эфира, или же это специфически модифицированная его часть — модифицированная таким образом, чтобы быть восприимчивой к передвижению и в то же время непрерывной со всем остальным эфиром, который, можно сказать, простирается повсюду, далеко за пределы модифицированной и осязаемой части, - это вопросы, требующие ответов, и я могу сказать, что они находятся в процессе получения.

Каждый такой ответ предполагает некоторое представление об универсальной и, возможно, бесконечной однородной вездесущей связующей среде, Эфире пространства.

Было сказано, несколько саркастично, что эфир был сделан в Англии. Это утверждение является лишь преувеличением истины. Я мог бы даже настаивать на том, что он был в значительной степени сконструирован в Королевском институте; поскольку сейчас я кратко изложу основные свидетельства, на которых верят в его существование и основаны наши знания о нем.

Прежде всего, Ньютон признал необходимость среды для объяснения гравитации. В своих "Оптических исследованиях" он показывает, что если давление этой среды меньше вблизи плотных тел, чем на больших расстояниях от них, плотные тела будут притягиваться друг к другу; и что если уменьшение давления обратно пропорционально расстоянию от плотного тела, закон силы будет законом тяготения, обратным квадрату.

Следовательно, все, что требуется для объяснения гравитации, - это уменьшение давления или увеличение натяжения, вызванное образованием единицы материи, то есть электрона или корпускулы. И хотя мы еще не знаем, что такое электрон — будь то центр деформации или какого рода сингулярность в эфире, которой он может быть, — нетрудно предположить, что при появлении электрона в эфире должна возникать небольшая, почти бесконечно малая деформация или попытка разрежения, которая будет снова ослаблена только после его растворения и разрушения. Строго говоря, это не настоящеенапряжение, а всего лишь "стресс"; поскольку не может быть никакой фактической *отдачи*, а только натяжение, простирающееся во всех направлениях до бесконечности.

Напряжение, необходимое для единицы вещества, почти смехотворно мало, и все же в совокупности вблизи такого тела, как планета, оно становится огромным.

Сила, с которой Луна удерживается на своей орбите, была бы достаточно велика, чтобы разорвать стальной стержень толщиной в четыреста миль с прочностью 30 тонн на квадратный дюйм; так что, если бы Луна и земля были соединены сталью, а не силой тяжести, потребовался бы целый лес опор, чтобы раз в месяц вращать систему вокруг их общего центра тяжести. Такая сила обязательно подразумевает огромное натяжение или давление в среде. Максвелл подсчитал, что гравитационное напряжение вблизи земли, которое, как мы должны предположить, существует в невидимой среде, в 3000 раз превышает то, которое может выдержать самая прочная сталь; а вблизи солнца оно должно быть в 2500 раз больше.

В моем сознании возник вопрос, была ли вся разумная вселенная, оцененная лордом Кельвином как эквивалентная примерно тысяче миллионов солнц, сосредоточена в одном теле определенной плотности,^[7] напряжение не было бы настолько велико, чтобы вызвать тенденцию к эфирному разрушению; что привело бы к разрушительному взрыву и рассеянию частиц. частицы снова в виде огромной туманности и других фрагментов улетают в глубины космоса. Ибо напряжение было бы максимальным внутри такой массы; и если бы оно поднялось до значения 10^{33} дин на квадратный сантиметр, что-то должно было бы произойти. Я не предполагаю, что это может быть причиной, но можно было бы подумать, что должна быть *какая-то* причина рассеянного состояния гравитирующей материи.

Однако слишком мало известно о механизме гравитации, чтобы мы могли привести его в качестве сильнейшего аргумента в поддержку существования эфира. Старейшее обоснованное и убедительное утверждение об эфирной среде основано на волновой теории света, одним из основателей которой был профессор натурфилософии Королевского института в начале прошлого века доктор Томас Янг.

Никакая обычная материя не способна передавать колебания, которые мы называем светом. Скорость, с которой они движутся, вид колебаний и легкость, с которой они проходят через вакуум, запрещают это.

Настолько ясно и универсально было воспринято, что волны должны быть волнами чего—то - чего-то отличного от обычной материи, — что лорд Солсбери в своем президентском обращении к Британской ассоциации в Оксфорде раскритиковал эфир как не более чем именительный падеж к глаголу колебаться. Это действительно, хотя это также действительно нечто большее; но чтобы проиллюстрировать этот светлый аспект, я процитирую абзац из лекции клерка Максвелла, на которую я уже ссылался:

"Обширные межпланетные и межзвездные регионы больше не будут рассматриваться как пустые места во вселенной, которые Создатель не считал нужным заполнить символами многообразного порядка Своего царства. Мы обнаружим, что они уже наполнены этим чудесным средством; настолько наполнены, что никакая человеческая сила не сможет удалить его из мельчайшего участка пространства или создать малейший изъян в его бесконечной непрерывности. Она непрерывно распространяется от звезды к звезде; и когда молекула водорода вибрирует в звезде-собаке, среда принимает импульсы этих вибраций и, пронесши их в своей необъятной груди в течение нескольких лет, передает их, в надлежащем порядке, и полную историю, в спектроскоп мистера Хаггинса в Талс-Хилл".

Этого будет достаточно, чтобы подчеркнуть тот факт, что глаз действительно является эфирным органом чувств - единственным, которым мы обладаем, единственным способом, с помощью которого эфир может обращаться к нам; и что обнаружение дрожаний в этой среде — восприятие направления, в котором они идут, и некоторый вывод относительно качества объекта, который их излучал, — охватывают все, что мы подразумеваем под "зрением" и "видением".

Затем я перехожу к другой функции, электрическим и магнитным явлениям, проявляемым эфиром; и по этому поводу я позволю себе лишь очень короткую цитату из трудов Фарадея, вся жизнь которого, можно сказать, была направлена на лучшее понимание этих эфирных явлений. Действительно, статую в вестибюле Королевского института на Олбемарл-стрит можно рассматривать как статую первооткрывателя электрических и магнитных свойств космического эфира.

Фарадей предположил, что та же среда, которая участвует в распространении света, может также быть фактором электромагнитных явлений. "Что касается меня, - говорит он, - то, принимая во внимание связь вакуума с магнитной силой и общий характер магнитных явлений, внешних по отношению к магниту, я гораздо более склонен к мысли, что при передаче силы имеет место такое действие, внешнее по отношению к магниту, чем к тому, что эффектами являются просто притяжение и отталкивание на расстоянии. Такое действие может быть функцией эфира; ибо не исключено, что, если эфир существует, он должен иметь и другие применения, помимо простой передачи излучения".

Эта гипотеза была в значительной степени подтверждена последующими исследованиями.

Сейчас обнаруживается еще одна функция; обнаруживается, что эфир образует материю — чрезвычайно интересная тема, над которой в настоящее время активно работают многие. Я приведу краткую цитату из профессора сэра Дж.Дж. Томсона, где он резюмирует вывод, который, как мы все видим, вырисовывается перед нами, хотя он еще не был полностью достигнут и не всеми был бы выражен подобным образом:

"Вся масса любого тела - это просто масса окружающего тело эфира, который переносится трубками Фарадея, связанными с атомами тела. Фактически, вся масса - это масса эфира; весь импульс - это импульс эфира; и вся кинетическая энергия - это кинетическая энергия эфира. Следует сказать, что эта точка зрения требует, чтобы плотность эфира была неизмеримо больше плотности любого известного вещества".

Да, гораздо плотнее — настолько плотная, что материя по сравнению с ней подобна паутинке, или тонкому неосязаемому туману, или млечному пути. Не нереально и не неважно, — паутина не нереальна и для определенных существ не является неважной, но ее нельзя назвать массивной или плотной; а материя, даже платина, не является плотной по сравнению с эфиром. Однако только в прошлом году я осознал, какой на самом деле должна быть плотность эфира,[8] по сравнению с той его модификацией, которая воспринимается нашими органами чувств как материя и которая по этой причине привлекает наше внимание.

Есть ли какая-либо другая функция, которой обладает эфир, которая, хотя и еще не открыта, может лежать в пределах возможного для открытия в будущем? Я верю, что есть, но это слишком умозрительно, чтобы ссылаться на это, помимо того, что авторы "*Невидимой вселенной*" настаивали на том, что это вероятно, и, таким образом, клерк Максвелл в предварительном порядке упомянул об этом: —

"Приспособлено ли это обширное однородное пространство изотропной материи не только для того, чтобы быть средством физического взаимодействия между удаленными телами и выполнять другие физические функции, о которых, возможно, мы пока не имеем представления, но также и для того, чтобы ... составлять материальный организм существ, осуществляющих жизненные и интеллектуальные функции столь же высокие, как у нас в настоящее время, — это вопрос, далеко выходящий за пределы физических спекуляций".

И на этом я пока оставляю этот аспект темы.

Эфир и материя.

Теперь я попытаюсь проиллюстрировать некоторые отношения между эфиром и материей.

Часто задают вопрос, материален ли эфир? Во многом это вопрос слов и удобства. Несомненно, эфир принадлежит материальной или физической вселенной, но это не обычная материя. Я бы предпочел сказать, что это вообще не "материя". Это может быть субстанция, или субстрат, или материал, из которого состоит материя, но было бы сбивающим с толку и неудобным не уметь проводить различие между материей, с одной стороны, и эфиром, с другой. Если вы завязываете узел на кусочке бечевки, узел состоит из бечевки, но бечевка не состоит из узлов. Если в воздухе есть дым или вихревое кольцо, вихревое кольцо состоит из воздуха, но атмосфера не является вихревым кольцом; и было бы только путаницей утверждать, что это было так.

Существенное различие между материей и эфиром заключается в том, что материя *движется* в том смысле, что она обладает свойством передвижения и может производить удары и бомбардировку; в то время как эфир *напряжен* обладает свойством создавать напряжение и отдачу. Вся потенциальная энергия существует в эфире. Оно может вибрировать и вращаться, но в том, что касается передвижения, оно неподвижно — самое неподвижное тело, которое мы знаем: так сказать, абсолютно неподвижное; наш стандарт покоя.

Все, на что мы сами можем повлиять в материальной вселенной, - это изменить движение и конфигурацию масс материи; мы можем перемещать материю с помощью наших мышц, и это все, что мы можем делать напрямую: все остальное - косвенно.

Но теперь возникает вопрос, как возможно, чтобы материя состояла из эфира? Как возможно, чтобы твердое тело состояло из жидкости? Твердое тело обладает свойствами жесткости, непроницаемости, эластичности и тому подобными; как им может подражать совершенная жидкость, какой должен быть эфир?

Ответ заключается в том, что их можно имитировать с помощью *жидкости в движении*; утверждение, которое мы делаем с уверенностью как результат значительной части работ лорда Кельвина.

Это можно проиллюстрировать несколькими экспериментами.

Колесо со спицами, прозрачное или проницаемое в неподвижном состоянии, становится непрозрачным при вращении, так что мяч, брошенный в него, не проходит насквозь, а отскакивает. Движение влияет только на проницаемость для вещества; прозрачность для света остается неизменной.

Шелковый шнур, свисающий со шкива, становится жестким и вязким при быстром движении; и импульсы или волны, которые могут возникать на шнуре, распространяются по нему со скоростью, равной его собственной скорости, какой бы эта скорость ни была, так что кажется, что они стоят неподвижно. Это подлинный случай кинетической жесткости; и тот факт, что скорость распространения волны равна скорости вращения материала, является типичным и важным, поскольку во всех случаях кинетической упругости эти две скорости имеют одинаковый порядок величины.

Гибкая цепь, запущенная во вращение, может вставать дыбом во время продолжения движения.

По струе воды с достаточной скоростью можно бить молотком, и она сопротивляется удару мечом.

Вращающийся бумажный диск становится эластичным, как гибкий металл, и может действовать подобно циркулярной пиле. Сэр Уильям Уайт рассказывал мне, что в военно-морском строительстве стальные пластины режутся быстро вращающимся диском из мягкого железа.

Вихревое кольцо, выбрасываемое из эллиптического отверстия, колеблется вокруг стабильной круглой формы, как кольцо из каучука; таким образом, мы получаем прекрасный пример кинетической упругости и ясно демонстрируем нам жидкость, проявляющую некоторые свойства твердого тела.

Еще одним примером является модель пружинных весов Лорда Кельвина, сделанная из ничего, кроме твердых тел, находящихся во вращательном движении.^[9] В этом устройстве используется последовательное движение сбалансированных гироскопов, скрытых в футляре и поддерживающих книгу, для имитации поведения спиральной пружины, если бы она использовалась для поддержки той же книги.

Следовательно, если эфир можно заставить вращаться, у нас может появиться некоторая надежда заставить его имитировать свойства материи или даже создать материю с его помощью. Но как нам вращать эфир? Кажется, что материя сама по себе не властна над ним. Как уже было описано, я вращал стальные диски диаметром в ярд 4000 раз в минуту, посылал свет по кругу между ними и тщательно проверял на предмет малейшего воздействия на эфир. Не было заметно ни малейшего эффекта. Мы не можем вращать эфир механически.

Но мы можем вызывать его электрическую вибрацию, и это делает каждый источник излучения. Электрический заряд при достаточно быстрой вибрации является единственным известным нам источником эфирных волн; и если электрический заряд внезапно прекращается, он генерирует импульсы, известные как рентгеновские лучи, в результате столкновения. Не скорость, а внезапное изменение скорости является необходимым условием для генерации волн в эфире с помощью электричества.

Мы также можем сделать вывод о некотором вращательном движении в эфире; хотя у нас нет таких очевидных средств обнаружения вращения, которые предоставляет зрение для обнаружения некоторых видов вибрации. Предполагается, что вращение существует всякий раз, когда мы помещаем заряд в окрестности магнитного полюса. Вокруг линии, соединяющей два, эфир вращается как волчок. Я не говорю, что он вращается быстро: это вопрос его плотности; на самом деле он вращается с чрезмерной медлительностью, но он вращается с определенным моментом импульса. Теория Дж.Дж. Томсона делает его момент импульса в точности равным *ет*, произведению *заряда* на *полюс*; заряд измеряется электростатически, а полюс - магнитно.

Как это можно показать экспериментально? Предположим, у нас есть вращающийся волчок, заключенный в футляр, так что вращение невозможно распознать обычными средствами — его можно обнаружить по его гиростатическому взаимодействию с усилием. Если позволить ему "прецессировать", он отреагирует перемещением перпендикулярно отклоняющей силе. Так же обстоит дело с зарядом и магнитным полюсом. Попробуйте внезапно переместить заряд, и он сразу же сработает под прямым углом. Движущийся заряд — это ток, и полюс и ток пытаются вращаться друг вокруг друга; - факт, который можно рассматривать как проявление истинного гиростатического действия из-за неузнаваемого в противном случае эфирного вращения. Факт такого магнитного вращения был открыт Фарадеем.

Я знаю, что обычно это вычисляется другим способом, с точки зрения силовых линий и остальной цепи; но я думаю о токе как о потоке проецируемых зарядов; и ни один способ рассмотрения такого вопроса, вероятно, не исчерпывает истину или не исключает другие способы, которые в равной степени действительны. В любом случае, как бы это ни расценивалось, это пример трех прямоугольных векторов.

Три вектора, расположенные под прямым углом друг к другу, которые могут быть обозначены как Ток, Магнетизм и Движение соответственно, или, в более общем смысле, *E*, *H* и *V*, представляют собой совершенно фундаментальную связь между эфиром и материей и составляют связующее звено между Электричеством, магнетизмом и Механикой. Там, где присутствуют любые два из них, необходимым следствием является третий. Этот принцип лежит в основе всех динамо-машин, электродвигателей, света, телеграфии и большинства других вещей. Действительно, возникает вопрос, не лежит ли это в основе всего, что мы знаем во всех физических науках; и не является ли это основой нашей концепции трех измерений пространства.

Наконец, у нас есть фундаментальное свойство материи, называемое *инерцией*, которое в определенной степени можно объяснить электромагнитно, при условии, что плотность эфира составляет порядка 10^{12} граммов на кубический сантиметр. Упругость эфира тогда должна была бы быть порядка 10^{33} у.е.с.; и если это происходит из-за внутренней турбулентности, то скорость закручивания или вращательная упругость должна быть того же порядка, что и скорость света. Это следует гидродинамически; точно так же, как скорость, с которой импульс распространяется по гибкому бегущему бесконечному шнуру, натяжение которого полностью обусловлено центробежной силой движения, в точности равна скорости самого шнура. Итак, с нашей нынешней точки зрения, внутренняя энергия состава эфира невероятно и зловеще велика; каждый кубический миллиметр пространства обладает массой в тысячу тонн, если бы это была материя, и энергией, эквивалентной мощности электростанции мощностью в миллион лошадиных сил в течение 40 миллионов лет.

Вселенная, в которой мы живем, необычайна, и наше исследование ее только началось. Мы знаем, что материя имеет психическое значение, поскольку она может составлять *мозг*, который связывает воедино физический и психический миры. Если кто-то думает, что эфир, при всей его массивности и энергии, вероятно, не имеет психического значения, я не могу с ним согласиться.

ГЛАВА IX

СИЛА ЭФИРА

Чтобы показать, что эфир не может быть легкой и разреженной субстанцией, которой когда-то, и даже до совсем недавнего времени, считалось эфирное вещество, полезно вспомнить, что оно не только должно быть проводником света и средой всех электрических и магнитных воздействий, но также и передавать огромные силы тяготения.

Среди малых тел силы тяготения незначительны и в целом превосходят магнитные, электрические или химические силы. Действительно, гравитационное притяжение между телами определенной величины может быть более чем уравновешено даже давлением, которое оказывает их взаимное излучение, — хотя оно и почти бесконечно мало; — так что на самом деле достаточно маленькие тела любой теплоты будут отталкиваться друг от друга, если они не находятся в среде с постоянной температурой, то есть если давление излучения на них не равномерно повсюду.

Величина, при которой радиационное отталкивание перевешивает гравитационное притяжение для равных сфер, зависит от температуры сфер и от их плотности; но при обычной температуре, к которой мы привыкли, скажем, 60° по Фаренгейту или около того, равенство между двумя силами будет достигнуто для двух деревянных сфер в пространстве, если каждая имеет около фута в диаметре; согласно данным профессора Пойнтинга (*Философские труды*, том 202, стр. 541). Для тел меньшего размера или более горячих радиационное отталкивание пересиливает взаимное притяжение; и оно увеличивается в четвертой степени от их абсолютной температуры.

Сила гравитационного притяжения между частицами чрезвычайно мала, а сила притяжения между двумя атомами или двумя электронами пренебрежимо мала, даже если они находятся на молекулярном расстоянии друг от друга.

Например, два атома, скажем, золота, находящиеся на молекулярном расстоянии, гравитационно притягиваются друг к другу с силой порядка

$$\gamma(10^{-22} \times 10^{-22}) / (10^{-8})^2 = 10^{-44} / 10^{-16} \times 10^{-7} = 10^{-35} \text{ дин};$$

что вообще не вызвало бы ощутимого ускорения.

Гравитационное притяжение двух электронов, находящихся на одинаковом расстоянии, составляет сорокатысячномиллионную часть этого, и поэтому можно было бы подумать, что оно должно быть совершенно незначительным. И все же именно совокупному притяжению мириадов таких тел обязана результирующая сила притяжения — сила, которая ощущается за миллионы миль. Эта сила действительно не только ощущается, но и должна рассматриваться как сила огромной величины.

Когда имеешь дело с телами астрономических размеров, сила тяготения превосходит все другие силы; и все электрические и магнитные притяжения по сравнению с ними становятся незначительными.

Эти огромные силы должны передаваться эфиром, и поучительно рассмотреть их количество.

Некоторые Астрономические Силы, которые должен передавать Эфир.

Арифметический расчет силы притяжения Земли к Луне.

Масса земли составляет 6000 триллионов (6×10^{21}) тонн. Масса Луны составляет $1/80$ от массы Земли. Земная сила тяжести на расстоянии от Луны (которое составляет 60 радиусов Земли) должна быть уменьшена в соотношении 1:602; то есть она должна составлять $1/3600$ от того, что есть здесь.

Следовательно, притяжение земли к Луне равно

$$6 \times 10^{21} / 80 \times 3600 \text{ тонн весом.}$$

Стальной столб, который мог бы передавать это усилие, при условии, что он мог бы выдерживать натяжение в 40 тонн на квадратный дюйм, имел бы диаметр около 400 миль; как указано в тексте, стр. 102.

Если бы эту силу передавал лес невесомых столбов, каждый квадратным футом в поперечном сечении, с натяжением 30 тонн на квадратный дюйм по всей длине, их должно было бы быть 5 миллионов миллионов.

Арифметический расчет силы притяжения Солнца к Земле.

Масса земли составляет 6×10^{21} тонны. Интенсивность солнечной гравитации на поверхности Солнца в 25 раз превышает обычную земную гравитацию.

На расстоянии от Земли, которое составляет почти 200 солнечных радиусов, сила тяжести солнца уменьшится в квадрате 1:200.

Следовательно, сила, оказываемая солнцем на землю, равна

$25 \times 6 \times 10^{21} / (200)$ вес 2 тонны.

То есть он приблизительно равен весу 37×10^{17} обычных тонн на поверхности земли.

В настоящее время легко можно найти сталь, которая выдерживает нагрузку в 37 тонн на каждый квадратный дюйм поперечного сечения. Следовательно, поперечное сечение стержня из такой стали, способное передавать солнечное притяжение на землю, должно быть

10^{17} квадратных дюймов,
или, скажем, 700×10^{12} квадратных футов.

И это эквивалентно миллиону миллионов круглых стержней или столбов, каждый диаметром 30 футов.

Следовательно, утверждение в тексте (стр. 26) вполне соответствует действительности.

Притяжение Земли к Солнцу.

Притяжение земли к Солнцу, конечно, равно притяжению солнца к земле, которое только что было рассчитано, и противоположно ему; но это дает другой способ получения результата и может рассматриваться как использование более простых данных, то есть данных, более общеизвестных. Все, что нам нужно сказать, это следующее:—

Масса Солнца в 316 000 раз больше массы Земли.

Среднее расстояние до солнца составляет, скажем, 23 000 радиусов Земли.

Следовательно, вес или притяжение солнца землей равно

$316000 / (23000)^2 \times 6 \times 10$ вес²¹ тонны.

Другими словами, он приблизительно равен обычному коммерческому весу 36×10^{17} тонн, как уже было рассчитано.

Центростремительная сила, действующая на Землю.

Еще один метод расчета притяжения Солнца состоит в том, чтобы выразить его в терминах центробежной силы Земли; а именно, его массы, умноженной на квадрат его угловой скорости, умноженный на радиус его орбиты; — то есть,

$$F = M (2\pi / T)^2 r$$

где T - продолжительность года.

Процесс оценки этого является поучительным из—за манипулирования единицами измерения, которые он включает:-

$$F = 6 \times 10^{21} \text{ тонны} \times (4\pi^2 \times 92 \times 10^6 \text{ миль}) / (365 \frac{1}{4} \text{ суток})^2$$

что, конечно, является массой, умноженной на ускорение. Ускорение равно —

$$(40 \times 92 \times 10^6) / 133300 \times (24)^2 \text{ миль в час в час}$$

$$= (3680 \times 10^6 \times 5280) / 133300 \times 576 \times (3600)^2 \text{ футов в секунду. в секунду.}$$

$$= (115 \times 5280) / 133300 \times 576 \times 12.96 \times 32 \text{ футов в секунду. в секунду.}$$

$$= g / 1640$$

Следовательно, Сила притяжения - это то, что, приложенное к массе земли, создает в ней ускорение, равное $1/1640$ -й части того, что обычная земная гравитация может создать у падающих тел; или

$$F = 6 \times 10^{21} \text{ тонны} \times g / 1640$$

$$= 6/1640 \times 10^{21} \text{ тонны веса;}$$

что соответствует обычному весу 37×10^{17} тонн, как и раньше.

Небольшое числовое расхождение между приведенными выше результатами, конечно, связано с приблизительным характером выбранных данных, которые приведены в круглых цифрах, как вполне достаточных для иллюстрации.

Если мы представим себе силу, приложенную к земле лесом круглых стержней, по одному на каждый квадратный фут земной поверхности, то есть спроецированного земного полушария или области экваториальной плоскости, — сила, передаваемая каждым из них, должна была бы составлять 2700 тонн; и, следовательно, если бы они были изготовлены из 30—тонной стали, каждый из них должен был бы иметь одиннадцать дюймов в диаметре или почти соприкасаться по всей земле.

Притяжение Планеты к Земле.

Раз уж мы затронули эту тему, кажется интересным отметить тот факт, что притяжение любой планеты на земле, даже Нептуна, каким бы далеким он ни был, все равно является гигантской силой. Сила притяжения Нептуна составляет $1/20\,000$ -ю часть силы притяжения Солнца, т.е. его масса составляет 18 миллиардов тонн.

Притяжение Звезды к Земле.

С другой стороны, притяжение неподвижной звезды, такой как Сириус, — скажем, звезды, масса которой в 20 раз больше массы Солнца и которая находится на расстоянии 24 световых лет, — сравнительно очень мало.

Его легко найти, разделив 20-кратное притяжение Солнца на квадратное отношение 24 лет к 8 минутам; и получается масса в 30 миллионов тонн.

Такая сила не способна произвести никакого ощутимого эффекта. Ускорение, которое он вызывает на земле и во всей Солнечной системе, при его нынешней скорости в космосе способно искривлять траекторию только с радиусом кривизны, в тридцать тысяч раз превышающим расстояние до звезды.

Сила, необходимая для удержания вместе Компонентов некоторых двойных Звезд.

Но не следует предполагать, что передача какой-либо из этих сил доставляет эфиру малейшие затруднения или напрягает его почти до пределов его возможностей. Такие силы должны передаваться с совершенной легкостью, поскольку существует множество случаев, когда сила притяжения значительно превышает эту величину. В случае двойных звезд, например, два солнца вращаются друг вокруг друга; и некоторые из них вращаются удивительно быстро. В таких случаях сила, удерживающая компоненты вместе, должна быть огромной.

Возможно, наиболее поразительным случаем, по которому у нас есть практически точные данные, является звезда β Aurigæ; было обнаружено, что во время общего спектроскопического обзора небес, проведенного профессором Пикерингом из Гарварда в связи с Мемориалом Дрейпера, она демонстрирует спектр с линиями, в которых некоторые дни двойные, а чередующиеся дни одиночные. Очевидно, что он должен состоять из пары светящихся объектов, вращающихся в плоскости, приблизительно совпадающей с линией обзора; оборот совершается каждые четыре дня. Поскольку линии тогда будут оптически смещены движением на протяжении части орбиты — линии приближающегося тела вправо, линии удаляющегося тела влево, — в то время как в той части орбиты, которая лежит поперек направления обзора, линии спектра вернутся на свои надлежащие места, снова раскрываясь до максимума в противоположном направлении в следующем квадранте.

Величину смещения можно приблизительно оценить, что позволяет нам рассчитать скорость, с которой двигались источники света.

Профессор Пикеринг в кратком заявлении в *Nature*, Vol. XLI, стр. 403, 1889, говорится, что скорость составляет около 150 миль в секунду и что она примерно одинакова для обоих компонентов.

Берем эти данные:—

Равенство и равномерность скоростей,
по 150 миль в секунду каждая,
период 4 дня,

у нас есть все данные, необходимые для определения масс, а также гравитационное притяжение между ними. Ибо звезда должна состоять из двух равных тел, вращающихся вокруг общего центра тяжести посередине между ними по почти круговым орбитам.

Скорость и период вместе легко определяют радиус круговой орбиты примерно в 8 миллионов миль.

Приравнивание центробежных и центростремительных сил

$$mv^2 / r = \gamma m^2 / (2r)^2$$

и сравнивая полученное таким образом значение $4r^3 / T^2$ с r^3 / T^2 земли, мы находим, что масса каждого тела должна быть примерно в 30 000 раз больше массы Земли, или примерно в $1/10$ -ю массу Солнца.

(Это относится к ним как к сферам, хотя на самом деле они должны быть вытянуты в явно вытянутую форму. Действительно, может показаться удивительным, что дальние порции могут идти в ногу с более близкими порциями по мере их вращения. Если они имеют плотность, подобную солнечной, то их диаметр будет сопоставим с полумиллионом миль, а естественные периоды их ближней и дальней частей будут отличаться в соотношении $(^{17}/_{16})^{3/2} = 1.1$ приблизительно. Прочность не могла удержать части вместе, но гравитационная когерентность могла бы.)

Это, однако, отступление. Давайте продолжим расчет силы притяжения.

У нас есть массы $3 \times 10^4 \times 6 \times 10^{21}$ тонны, вращающиеся с угловой скоростью $2\pi \div 4$ дня по окружности радиусом 8×10^6 миль.

Следовательно, центростремительное ускорение составляет $4\pi^2 \times 8 \times 10^6 / 16$ миль в день в день; что составляет $^{32}/_{2 \cdot 2}$ фута в секунду, или почти половину обычной земной силы тяжести.

Следовательно, притяжение между двумя компонентами двойной звезды β Aurigæ равно

$g / 2,2 \times 18 \times 10^{25}$ тонн,

или равный весу

80×10^{24} тонны на земле,

что более чем в двадцать миллионов раз превышает силу притяжения между землей и нашим солнцем.

Простые вычисления, подобные этим, могли быть сделаны в любое время; в них нет ничего нового, как и в отношении оценки плотности эфира и огромной внутренней энергии, приведенной в главах VI и VII. Но тогда и в них нет ничего гипотетического или неопределенного; они верны и определены: тогда как можно подумать, что есть что-то сомнительное в более новых утверждениях, которые включают рассмотрение массы и размера электронов и однородного и несжимаемого характера строения эфира. Даже идея "массивности" применительно к эфиру включает в себя элемент неопределенности или образности; потому что до тех пор, пока мы не узнаем больше об особой природе эфира (если она есть), мы должны иметь дело с ним в соответствии с материальными аналогиями и должны определять его массивность как ту, которой он должен был бы обладать, если бы выполнял свои функции и все же был чем-то похож на обычную материю. На самом деле это не может *быть* обычной материей, потому что обычная материя определенно отличается от нее и предположительно состоит из нее; но инерция обычной материи, как бы ее ни объясняли электрически или магнитно, в конечном итоге должна зависеть от чего-то родственного инерции в фундаментальной субстанции, заполняющей пространство. И именно это мы попытались в главах VI и VII оценить и выразить в максимально трезвых выражениях.

ГЛАВА X

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ АБЕРРАЦИЙ

В главе III тема абберрации рассматривалась простым геометрическим образом, но теперь пришло время рассмотреть ее более широко. И чтобы сделать это компактно, я должен довольствоваться тем, что в большей части этой главы обращаюсь главным образом к физикам.

Можно сделать следующие общие утверждения относительно абберрации:—

1. Луч света в чистом пространстве прямой, независимо от движения среды, если только не существуют вихри; другими словами, никакое безвращательное возмущение эфира не может отклонить луч.
2. Но если наблюдатель находится в движении, видимый луч не будет истинным лучом, и линия его зрения не будет точно указывать направление объекта.
3. В неподвижном эфире луч совпадает с нормалью к волне. В движущемся эфире нормаль луча и волны заключает в себе угол абберрации ε , такой, что $\sin \varepsilon = v/V$, отношение скорости эфира к скорости света.
4. Во всех случаях линия обзора зависит от движения наблюдателя, и только от него. Если наблюдатель неподвижен, его линия обзора представляет собой луч. Если он движется с той же скоростью, что и эфир, его линия обзора представляет собой нормальную волну.
5. Угол обзора вообще не зависит от движения эфира, пока он обладает потенциалом скорости. Следовательно, если это условие выполняется, теория абберрации довольно проста.

Общее утверждение относительно отрицательных результатов по Предмету.

Примечательно, что почти все наблюдения, которые были сделаны с отрицательными результатами относительно влияния орбитального движения Земли на эфир, в равной степени согласуются с полной связью и полной независимостью эфира и материи. Если существует полная связь, эфир вблизи земли относительно неподвижен, и отрицательные земные результаты естественны. Если существует полная независимость, эфир либо абсолютно неподвижен, либо имеет потенциал скорости, и отрицательные результаты, как было показано, объясняются этим. Прямой эксперимент по определению вязкости эфира доказывает, что она либо действительно, либо приблизительно равна нулю, и подтверждает объяснение "независимости".

Определение луча.

Луч обозначает путь прохождения определенной или идентичной порции энергии излучения — направление потока энергии. Другими словами, это можно рассматривать как траекторию отмеченного возмущения, поскольку это некая особая характеристика, которая позволяет глазу фиксировать направление: именно она определяет линию коллимации телескопа.

Теперь для того, чтобы возмущение от А могло достичь точки В, необходимо, чтобы соседние элементы волнового фронта в точке А достигали точки В в одной фазе; следовательно, путь, по которому распространяется возмущение, должен удовлетворять этому условию от точки к точке. Это условие будет выполнено, если время прохождения вниз по лучу и по всем бесконечно мало отличающимся траекториям одинаково.

Следовательно, уравнение для луча содержится в утверждении, что время, необходимое свету для его прохождения, минимально; или

$$\int_A^B ds / V = \text{минимум}$$

Если среда, вместо того чтобы оставаться неподвижной, дрейфует со скоростью v под углом θ к лучу, мы должны заменить вместо V модифицированную скорость $V \cos \varepsilon + v \cos \theta$; и поэтому функция, которая должна быть минимальной, чтобы задать путь луча в движущейся среде, равна

$$\begin{aligned} \text{Время в пути} &= \int_A^B ds / V(\cos \varepsilon + \alpha \cos \theta) \\ &= \int_A^B (V \cos \varepsilon - v \cos \theta) / V^2(1 - \alpha^2) ds = \text{минимум} \end{aligned}$$

где α - отношение v/V .

*Путь луча и время прохождения через
Безвращательно движущуюся среду.*

Записываем потенциал скорости ϕ в приведенном выше уравнении для луча, то есть ставим $v \cos \theta = \delta \phi / \delta s$,

и, игнорируя возможные изменения минутного поправочного коэффициента $1 - \alpha^2$ между точками А и В, становится

$$\text{Время в пути} = \int_A^B \cos \varepsilon / (1 - \alpha^2) \cdot ds / V - (\phi_B - \phi_A) / V^2(1 - \alpha^2) = \text{минимальное.}$$

Теперь второй член зависит только от конечных точек и, следовательно, не влияет на путь. Первый член содержит только вторую степень величины абберации; и, следовательно, он имеет почти такое же значение, как если бы все было неподвижно. Луч, который был прямым, останется прямым, несмотря на движение. Какую бы форму она ни имела, она ее сохранит.

Только $\cos \varepsilon$ и изменения α^2 могут оказывать какое-либо влияние на траекторию; и произведенные таким образом эффекты должны быть очень малыми, поскольку значение $\cos \varepsilon$ равно

$$\sqrt{(1 - \alpha^2 \sin^2 \theta)}.$$

Следовательно, безвращательное движение может оказывать влияние второго порядка на направление, но не эффект первого порядка. Аналогичное утверждение применимо и ко времени прохождения любой закрытой периферии.

Эксперимент Майкельсона.

Таким образом, мы приходим к выводу, что общий дрейф эфира не влияет ни на траекторию луча, ни на время его прохождения взад и вперед, ни по полному контуру в какой-либо существенной степени. Но, принимая во внимание величины второго порядка, время движения туда-сюда в любом направлении, наклоненном под углом θ к постоянному дрейфу, из приведенного выше выражения равно

$$T_1 + T_2 = 2T \cos \varepsilon / (1 - \alpha^2) = \sqrt{(1 - \alpha^2 \sin^2 \theta) / (1 - \alpha^2)} \times 2T,$$

где $2T$ - обычное время двойного путешествия без какого-либо дрейфа.

Следовательно, представляется возможным некоторое незначительное изменение эффектов интерференции из-за дрейфа; поскольку время прохождения света взад-вперед подчиненно зависит от склонности луча к дрейфу.

Приведенное выше выражение применимо к замечательному эксперименту Майкельсона^[10] по посылке расщепленного луча туда-сюда, наполовину вдоль, наполовину поперек линии движения Земли; и, фактически, это теория. Должен быть эффект из-за разницы между $\theta = 0$ и $\theta = 90^\circ$. Но ничего не может быть обнаружено. Следовательно, либо происходит что-то еще, либо эфир вблизи земли увлекается за собой, чтобы не проходить через наши приборы.

Альтернативное объяснение.

Но если эфир волочится рядом с движущейся материей, он ведет себя как вязкая жидкость, и от всякой идеи о потенциале скорости следует отказаться. Это усложнило бы теорию абберрации (стр.45 и 61) и, более того, противоречит экспериментальным данным, описанным в главеV.

Отрицательный результат мистера Майкельсона, однако, можно объяснить другим способом, а именно с помощью теории Фитцджеральда-Лоренца о том, что линейные размеры тел являются функцией их движения в эфире. И такого эффекта разумно ожидать; поскольку, если силы сцепления являются электрическими, на них должно влиять движение в известной и поддающейся расчету степени, зависящей от квадрата отношения скорости к скорости света. (См. конец главыIV.)

Теория профессора Х.А. Лоренца, соответственно, показывает, что форма каменного опорного блока Майкельсона будет искажена движением; его размеры поперек и вдоль линии дрейфа эфира изменяются по-разному. И величина изменения будет такой, чтобы точно компенсировать и нейтрализовать оптический эффект движения, который в противном случае мог бы быть воспринят. В настоящее время эта теория общепринята.

Именно этот нейтрализующий или компенсирующий эффект, который одинаково действует на движение света взад—вперед, движение электрических токов взад-вперед и на форму материальных тел, делает столь трудным или невозможным получение любого положительного результата в экспериментах по эфирному дрейфу; так что, несмотря на скорость, с которой мы несемся в пространстве, не ощущается заметного влияния ни на электрические, ни на оптические явления, за исключением тех, которые обусловлены относительным движением источника и наблюдателя.

Некоторые детали теории эффекта Доплера, или влияния движения на дисперсию с помощью призмы или решетки.

Когда свет анализируется призмой или решеткой в спектр, направление каждого луча отклоняется — преломляется или дифрагирует — на величину, соответствующую его частоте колебаний или длине волны.

Движение среды, пока оно устойчивое, не влияет ни на частоту, ни на длину волны и, соответственно, не влияет на результат. Он не производит эффекта Доплера, за исключением случаев нарастания или ослабления.

Одно только движение источника собирает волны воедино на наступающей стороне и распространяет их на отступающей стороне. Следовательно, наблюдатель, к которому приближается источник, получает более короткие волны, а тот, от кого источник удаляется, получает волны более длинные, чем обычно. Следовательно, в любую фиксированную точку волны будут поступать с измененной частотой.

Пока источник неподвижен, излучаемые волны вполне нормальной длины, но движение наблюдателя может очевидным образом изменить частоту, с которой они *принимаются*; они улавливаются быстрее, если приемник приближается, и их преследуют сильнее, если он удаляется.

Все это знакомо и было геометрически проиллюстрировано в главе III, но есть некоторые незначительные и довольно любопытные детали, которые заслуживают краткого рассмотрения.

Теория решетки.

Предположим, что для анализа света используется "решетка". Ее эффект не может зависеть ни от чего кинетического; он должен регулироваться просто геометрической шириной разделенных пространств на ней. Следовательно, он может непосредственно воспринимать только длины волн, но не частоты.

Следовательно, в случае движущегося *источника*, когда длина волны действительно изменяется, решетка оценит этот факт и покажет истинный эффект Доплера. Но в случае движущегося *наблюдателя*, когда все принимаемые волны имеют нормальную длину, хотя и отражаются с ненормальной частотой, решетка все равно должна указывать только длину волны и, соответственно, не будет показывать истинного эффекта Доплера.

Но поскольку телескоп или линия обзора наклонены под углом рассеивания к направлению падающего луча, должна возникнуть обычная аберрация, как это всегда происходит, когда наблюдатель движется поперек своей линии обзора; и поэтому будет иметь место ложный или кажущийся эффект Доплера из-за обычной аберрации. То есть линия спектра не будет видна на своем истинном месте, но будет казаться сдвинутой на величину, почти в точности имитирующую реальный эффект Доплера — имитация верна до величины аберрации второго порядка. Небольшая заметная разница между ними подсчитана в моей статье "*Философские труды*", 1893, стр. 787. Он слишком мал, чтобы его можно было разглядеть.

Это не важно, но поскольку вычислять дифракцию, наблюдаемую решеткой, продвигающейся к источнику света, довольно сложно, возможно, было бы неплохо записать результат здесь.

Ниже приведены дифрагированные лучи, которые требуют внимания, — с указанным наклоном каждого к решетке в норме:-

Дифрагированный луч, если бы все были неподвижны, θ_0 ;

Реальный дифрагированный луч при продвижении решетки, ϕ ;

Воспринимаемый луч с учетом абберации, θ ;

Эквивалентный дифрагированный луч, если бы все были неподвижны и длина волны действительно сократилась, θ_1 .

В качестве вспомогательного мы используем угол абберации ε , такой, что $\sin \varepsilon = \alpha \sin \theta$, где $\alpha = v/V$.

Между этими четырьмя углами имеют место следующие соотношения; так что при наличии одного из них известны все.

$$\theta = \phi - \varepsilon$$

$$\sin \theta_1 = (1 - \alpha) \sin \theta_0$$

$$\sin \phi = (1 - \alpha \cos \theta)$$

Откуда θ и θ_1 очень близки, но не абсолютно совпадают. θ_1 - луч, наблюдаемый прибором, зависящий в первую очередь от частоты, например призмой; θ - луч, наблюдаемый прибором, зависящий в первую очередь от длины волны, например решеткой.

Теория призм.

Теперь пусть для анализа света используется призма; в большинстве теорий считается, что ее рассеивающая способность напрямую зависит от частоты, то есть от временного соотношения между периодом световой вибрации и периодом атомного или электронного вращения или другого гармонического скачка.

Поэтому предположим, что призматическая дисперсия непосредственно указывает на частоту. Это не может зависеть от длины волны, поскольку длина волны внутри разных веществ различна, и хотя показатель преломления соответствует этому, рассеивающая способность - нет.

Следовательно, в случае призмы нельзя проводить различия между движением источника и движением приемника; ибо в обоих случаях частота, с которой принимаются волны, будет изменяться — либо потому, что они действительно короче, хотя и достигают нормальной скорости, либо потому, что они распространяются быстрее, хотя и имеют нормальную длину.

Ахроматическая призма.

Следует отметить, что наблюдение эффекта Доплера с помощью призмы полностью зависит от дисперсии, т.е. От того, что волны разной длины воздействуют по-разному. Но могут быть сконструированы призмы, дисперсия которых корректируется и нейтрализуется. Такие ахроматические призмы, если они идеально ахроматичны, будут одинаково воспринимать волны всех размеров; и, соответственно, укорочение волн от движущегося источника не произведет никакого эффекта. Следовательно, ахроматические призмы будут вести себя по отношению к наземным и внеземным источникам, то есть к относительно стационарным и относительно движущимся источникам, одинаково.

Об этом следует помнить в связи с некоторыми отрицательными результатами, справедливо полученными некоторыми наблюдателями; такими, например, как Араго, который применил ахроматическую призму к звезде, к которой приближалась земля, без наблюдения какого-либо эффекта. Эффект Доплера должны были соблюдаться диспергирующей призмы, но не ахроматик одно: для показателя преломления вещества не влияет на движение Земли.

неразумно ожидать, что это повлияет на показатель преломления, поскольку он простым геометрическим образом зависит от запаздывающей скорости, т.е. От оптической эфирной нагрузки или кажущейся дополнительной внутренней плотности.

Однако ахроматическая *решетка* (опротечиво говоря) невозможна.

Эффект прозрачного вещества.

Но когда луч проходит сквозь прозрачную материю, не повлияет ли движение этой материи на его курс?

Если вещество перемещается относительно источника и приемника, как в эксперименте Физо с проточной водой, то, скорее всего, так и будет; до полного эффекта нагрузки, дополнительной или перемещающейся плотности $(\mu^2 - 1)$ по сравнению с общей плотностью μ^2 .

Эта доля скорости материальной среды должна напрямую влиять на скорость света, поскольку волны будут передаваться в смысле движения материала u с дополнительной скоростью $u(\mu^2 - 1) / \mu^2$. (См. также Приложение 3.)

Но если прозрачная материя, через которую проходит свет, неподвижна по отношению к источнику и приемнику — разделяя с ними только общее планетарное движение, то есть будучи подверженной противоположному всепроникающему эфирному потоку, - тогда невозможно ощутить никакого влияния из-за дрейфа; ибо свободный эфир пространства ведет себя точно так же, как если бы материи там не было. Это можно показать более детально с помощью следующего расчета.

Оптический эффект прохождения эфира через плотные неподвижные тела.

Расчет отставания по фазе, вызванного движением эфира Френеля, может выполняться следующим образом: — Плотный слой толщиной z , который естественным образом пересекался бы со скоростью V/μ , пересекается со скоростью $(V/\mu) \cos \varepsilon + (v/\mu^2) \cos \theta$; где v - относительная скорость эфира по соседству; отсюда время прохождения через него равно

$\mu z / V(\cos \varepsilon + \frac{v}{\mu} \cos \theta)$, вместо $\mu z / V$,

Таким образом, эквивалентная толщина воздуха вместо $(\mu - 1)z$ равна

$\mu z / \cos \varepsilon + \frac{v}{\mu} \cos \theta - z = (\mu \cos \varepsilon - \frac{v}{\mu} \cos \theta / (1 - \frac{v^2}{V^2}) - 1)z$,

или, в порядке мелочей,

$(\mu - 1)z - \frac{v}{V} z \cos \theta$;

θ - угол между дрейфом луча и эфира внутри среды.

Таким образом, дополнительный эквивалентный слой воздуха *из-за движения* составляет приблизительно $\pm \alpha z \cos \theta$, величину, не зависящую от μ .

Следовательно, никакому плану обнаружения этого эффекта движения первого порядка никоим образом не способствует использование плотных неподвижных веществ; их дополнительный эфир, будучи неподвижным, не влияет на задержку, вызванную движением, за исключением небольших количеств второго порядка, как показано выше.

Прямые эксперименты, проведенные Хуком,^[11] и Маскартом по изучению эффекта введения трубок с водой на пути полулучей света, полностью согласуются с этим отрицательным выводом.

Таким образом, мы обнаруживаем, что никакое общее движение всей среды не может быть обнаружено по изменениям направления, частоты или фазы; ибо ни на одно из них это не оказывает сколько-нибудь заметного (т.е. первого порядка) воздействия, даже при содействии плотной материи.

Другой способ изложения вопроса состоит в том, чтобы сказать, что поведение эфира внутри материи таково, что обеспечивает потенциальную функцию,

$$\int \mu^2 v \cos \theta ds,$$

существовать во всем прозрачном пространстве, поскольку речь идет только о движении эфира. (См. Приложение 3.)

Существование этой потенциальной функции легко объясняет отсутствие какого-либо влияния на направление из-за общего дрейфа среды, будь то в присутствии плотной материи (такой как заполненные водой телескопы) или иным образом. Каким бы ни был путь луча по причине отражения или преломления в неподвижном эфире, он точно такой же в движущемся эфире, если выполняется это условие, хотя волновые нормали и волновые фронты определенно смещены.

Однако материя воздействует на эфир внутри себя или нагружает его, согласно этой теории, нельзя сказать, что она либо удерживает его неподвижным, либо уносит с собой. Общий эфирный поток должен оставаться незатронутым не только вблизи материи, но и внутри нее, если лучи хотят сохранять точно такой же курс, как если бы он был относительно стационарным.

Но следует понимать, что рассматриваемое здесь эфирное движение - это *общий дрейф всей среды*; или соответствующее ему равномерное движение всей рассматриваемой материи. Ничто не может быть сказано против эффектов аберрации, которые могут быть вызваны или модифицированы движением *частей* среды или искусственным движением прозрачных тел и других изолированных областей. *Искусственное* движение материи может легко изменить как время прохождения, так и траекторию луча, поскольку оно не имеет потенциальных условий, которым должно удовлетворять; оно может легко описывать замкнутый контур и участвовать в передаче света.

Но я должен повторить, что эта передача света движущейся материей является результатом только материальной нагрузки; она не представляет собой возмущения пространственного

эфира. Закон Френеля, по сути, определенно означает, что движущаяся прозрачная материя не заметно возмущает пространственный эфир. Прямой эксперимент, описанный в главе V, показывает, что вблизи быстро движущегося непрозрачного вещества также нет возмущений.

Я считаю неизменность пространственного эфира движущейся материей установленной.

Краткие сведения.

Оценки этой книги *исовременных взглядов на электричество* заключаются в том, что пространственный эфир представляет собой непрерывную, несжимаемую, неподвижную фундаментальную субстанцию или совершенную жидкость с коэффициентом инерции, эквивалентным 10^{12} граммов на с.с.; что *материя* состоит из модифицированных и наэлектризованных крупинок, или мельчайших структур эфира, которые поддаются механическому воздействию, а также электрическому усилию и увеличивают оптическую или электрическую плотность среды; и что упругая жесткость и вся потенциальная энергия обусловлены чрезмерно мелкими частицами. зернистая эфирная циркуляция с внутренней кинетической энергией порядка 10^{33} эргов на кубический сантиметр.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

О СИЛЕ ТЯЖЕСТИ И ЭФИРНОМ НАПРЯЖЕНИИ

В арифметических примерах из главы IX мы учитываем только силу между двумя телами; но ньютоновское натяжение, упомянутое в главе VIII, обозначает не эту силу, а скорее определенное состояние среды, изменениям которого от места к месту обязана сила. Это ньютоновское напряжение представляет собой гораздо большую величину, чем сила, которую оно порождает; и, более того, оно существует в каждой точке пространства, вместо того чтобы быть интегрированным во всем притягиваемом теле.

Оно достигает максимального значения вблизи поверхности любой сферической массы; и если радиус равен R , а сила тяжести равна g , натяжение на поверхности равно $T_0 = gR$. На любом расстоянии r , еще дальше, натяжение равно $T = gR^2/r$.

Из этого сразу следует следующее:—

Формулируя закон всемирного тяготения как $F = \gamma mm / r^2$, значение, принятое здесь для натяжения эфира на поверхности земли, составляет

$$T = \int_R^\infty yE / r^2 dr = yE / R;$$

так что обычная интенсивность притяжения равна

$$g = -dT / dR = yE / R^2 = 4 / 3\pi yR.$$

Соответственно, вблизи поверхности планеты напряжение равно $T_0 = gR$, или для разных планет пропорционально ρR^2 .

Скорость свободного падения из бесконечности на такую планету равна $\sqrt{(2T_0)}$; скорость свободного падения от окружности к центру, при условии равномерного распределения плотности, равна $\sqrt{(T_0)}$; а от бесконечности к центру равна $\sqrt{(3T_0)}$.

Облекая все это в слова:—

Натяжение эфира у поверхности Земли, необходимое для объяснения силы тяжести по скорости ее изменения, составляет порядка 6×10^{11} единиц с.g.s. Напряжение вблизи солнца в 2500 раз больше (стр. 103). Для различных сфер, как правило, она пропорциональна плотности и площади поверхности. Следовательно, вблизи пули диаметром в один дюйм она составляет порядка 10^{-6} ; а вблизи атома или электрона около 10^{-21} с.g.s.

Если бы напряжение когда—нибудь поднялось до уровня конститутивной эластичности или внутренней кинетической энергии эфира, которая, как мы видели, составляет 10^{33} дин на квадратный сантиметр (или эргов на с.с.) или 10^{22} тонны веса на квадратный миллиметр, — кажется вероятным, что что-то поддалось бы. Но никакая известная масса вещества не способна вызвать ничего подобного такому напряжению.

Меньшая совокупность материи была бы способна развивать скорость света в телах, падающих к ней с большого расстояния; и можно усомниться в том, что какая-либо масса, настолько большая, чтобы быть способной даже на это, может существовать в одном куске.

Чтобы создать напряжение, равное тому, которое здесь предполагается критическим или предположительно разрушительным напряжением в эфире [10^{33} н.э.], шар с плотностью земли должен был бы иметь радиус восьми световых лет. Чтобы создать скорость свободного падения под действием силы тяжести, равную скорости света, шар земной плотности должен был бы быть равен по радиусу расстоянию земли от солнца, или, скажем, в 26 000 раз больше радиуса земли. Если бы плотность была меньше, площадь поверхности пришлось бы пропорционально увеличить, чтобы сохранить ρR^2 постоянным.

Вся видимая вселенная в пределах параллакса $1/1000$ угловой секунды, оцененного лордом Кельвином как эквивалент 10^9 солнц, была бы совершенно неспособна поднять эфирное напряжение до критической точки 10^{33} с.g.s., если бы оно не было сконцентрировано до абсурдной степени; но оно могло бы генерировать скорость света при плотности, сравнимой с плотностью воды, если бы масса была постоянной.

Если бы средняя плотность вышеупомянутой видимой вселенной (которую можно принять за $1,6 \times 10^{-23}$ грамма на с.с.) сохранялась неограниченно, разрушительное напряжение эфира было бы достигнуто, когда радиус был сравним с 10^{13} световыми годами; и скорость света была бы сгенерирована им, когда радиус составлял 10^7 световых лет. Но неоднородность позволила бы легче достичь этих значений.

Гравитация, таким образом, предполагается, что это результат механического напряжения, которое по своей сути и, возможно, мгновенно возникает во всем пространстве всякий раз, когда возникает эфирная структура, называемая электрическим зарядом; напряжение прямо пропорционально квадрату заряда и обратно пропорционально его линейным размерам.

Когезия совершенно иная и происходит из-за остаточного электрического притяжения между группами нейтральных молекул на молекулярных расстояниях: вариант или модификация химического сродства.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РАСЧЕТЫ В СВЯЗИ С ПЛОТНОСТЬЮ ЭФИРА

Точно так же, как жесткость эфира имеет чисто электрический характер и не ощущается механически — поскольку механически он совершенно текуч, — так и его плотность также имеет электромагнитный характер и снова не ощущается механически, потому что его нельзя перемещать механическими средствами. Это, безусловно, самое неподвижное тело из существующих; хотя оно наделено высокой внутренней энергией локального движения, аналогичной турбулентности, придающей ему гиростатические свойства.

Оптически ощущаются как его жесткость, так и плотность, поскольку оптические возмущения по существу являются электродвижущими. Материя нагружает эфир оптически, в соответствии с известной долей $\mu^2 - 1 / \mu^2$; и эта нагрузка, являясь неотъемлемой частью *материи*, конечно, перемещается вместе с ней. Это единственная деталь, поддающаяся механическому воздействию.

Механическая плотность материи составляет очень малую долю эфирной плотности; тогда как оптическая или электрическая плотность материи — на самом деле это плотность эфира, на которую влияет внутреннее или конститутивное электричество материи — не так уж мала. Относительная виртуальная оптическая плотность эфира внутри вещества измеряется величиной μ^2 ; но на самом деле это может быть дефектом эластичности, по крайней мере, в немагнитных материалах.

Электрические и оптические эффекты зависят от e . Механические или инерционные эффекты зависят от e^2 . Электрические заряды могут нагружать эфир оптически, весьма ощутимо; но что касается механической нагрузки, то самая плотная известная материя тривиальна и подобна паутинке по сравнению с неизмененным эфиром в том же пространстве.

Массивность эфира выводится из Электрических принципов.

Каждый электрон, движущийся подобно сфере в жидкости, имеет определенную массу, связанную с ним; зависит от его размера, а при очень высоких скоростях - и от его скорости.

Если мы рассматриваем электрон просто как сферу, движущуюся в идеальной жидкости, его поведение будет в точности таким, как если бы его масса была увеличена вдвое по сравнению с массой вытесненной жидкости, а окружающая жидкость аннигилировала.

Поскольку эфир несжимаем, плотность жидкости внутри и снаружи электрона должна быть одинаковой. Итак, если рассматривать это таким простейшим образом, результирующая инерция снова вдвое меньше, чем у объема жидкости, соответствующего электрону: то есть

эффективная масса равна $2\pi\rho a^3$, где ρ - равномерная плотность. Если электрон имеет форму, отличную от сферы, то числовая часть изменяется, но остается того же порядка величины, при условии отсутствия острых краев.

Если, однако, мы рассматриваем движущийся электрон как генерирующий круговые линии магнитной индукции по причине некоторого вращательного свойства эфира, и если мы приписываем всю магнитную инерцию вызванному таким образом магнитному вихрю на его пути, — предварительно рассматривая этот вихрь как действительную циркуляцию жидкости, возбуждаемую движением, — тогда мы поступим следующим образом:—

Пусть сферический электрон e радиуса a летит с умеренной скоростью u , так что магнитное поле в любой точке, $r\theta$, снаружи, равно

$$H = eu \sin\theta / r^2,$$

и энергия на единицу объема везде равна $\mu H^2 / 8\pi$.

Но многие математики рассматривали магнитное поле как циркуляцию жидкости вдоль линий магнитной индукции, которые всегда представляют собой замкнутые кривые, с некоторой неизвестной скоростью w .

Итак, рассмотрим энергию на единицу объема в любом месте: ее можно представить эквивалентными выражениями

$$\frac{1}{2}\rho w^2 = \mu H^2 / 8\pi = \mu / 8\pi \cdot e^2 u^2 \sin^2\theta / r^2;$$

почему

$$w / u = \sqrt{(\mu / 4\pi\rho) \cdot e \sin\theta / r^2}.$$

Скорость гипотетической циркуляции должна быть максимальной на экваторе сферы, где $r=a$ и $\theta=90$; итак, называя это w_0 ,

$$w_0 / u = \sqrt{(\mu / 4\pi\rho) e / a^2},$$

и

$$w / w_0 = a^2 \sin\theta / r^2$$

следовательно, большая часть циркуляции ограничена областью, расположенной недалеко от поверхности электрона.

Энергия этого движения равна

$$\frac{1}{2}\rho \int_0^\pi \int_a^\infty w^2 \cdot 2\pi r \sin\theta \cdot r d\theta \cdot dr,$$

откуда, подставляя указанное выше значение w , энергия получается равной $4/3\pi\rho a^3 w_0^2$.

Сравнивая это с массой, движущейся со скоростью u ,

$$m = (8/3)\pi\rho a^3 (w_0 / u)^2.$$

Это согласуется с простой гидродинамической оценкой эффективной инерции, если $w_0 = \frac{1}{2} \sqrt{3} \cdot u$; то есть, если вихрь, соприкасающийся с экватором сферы, имеет тот же порядок величины, что и скорость сферы.

Теперь о реальной связи между w_0 и u мы должны выдвинуть гипотезу. Если эти два параметра считаются равными, то эффективно возмущенная масса получается в два раза больше массы электрона. Если w_0 меньше, чем u , то масса эффективно возмущенной жидкости даже меньше массы электрона; и в этом случае оценка плотности жидкости ρ должна быть *завышена*, чтобы обеспечить требуемую энергию. Трудно предположить, что экваториальная циркуляция w_0 *больше*, чем u , поскольку она генерируется ею; и наиболее разумно рассматривать их оба как имеющие одинаковый порядок величины. Итак, принимая их за равных,

$$e = a^2 \sqrt{4\pi\rho / \mu}$$

и m = удвоенная сферическая масса.

Следовательно, все оценки эффективной инерции электрона имеют одинаковый порядок величины, будучи сравнимыми с оценкой массы эфира, равной объему электрона. Но линейный размер электрона составляет 10^{-13} сантиметров в диаметре, а его масса составляет порядка 10^{-27} граммов. Следовательно, плотность его материала должна составлять порядка 10^{12} граммов на кубический сантиметр.

Это, действительно, огромно, но любое уменьшение оценки скорости обращения ниже скорости электрона привело бы только к ее увеличению. И поскольку электроны иногда движутся со скоростью, не намного меньшей скорости света, нас нельзя обвинить в недооценке вероятной скорости магнитного вращения, рассматривая ее как величину того же порядка на ограничивающей поверхности электрона, что и его собственную скорость: соотношение, предлагаемое, хотя и не подкрепляемое, гиростатическими аналогиями.

Некоторые последствия этой Большой плотности.

Амплитуда световой волны в месте, где она наиболее интенсивна, а именно вблизи солнца, где ее энергия составляет 2 эрга на с.с., составляет всего около 10^{-17} длины волны. Максимальное касательное напряжение, вызываемое такой деформацией, составляет порядка 10^{11} атмосфер.

Гипотетическая скорость циркуляции света, придающая импульс фронту волны, в соответствии с исследованиями Пойнтинга, составляет 10^{-22} см в секунду. Эти расчеты приведены в заключительной главе нового издания "*Современные взгляды на электричество*".

Предполагаемый дрейф магнитного эфира вдоль оси соленоида или другого магнитного поля, если оно существует, сравним с $\cdot 003$ сантим. в секунду, или 4 дюйма в час, для поля напряженностью 12 000 с.г.с.

Но не следует предполагать, что эта гипотетическая скорость везде низкая. Вблизи электрона скорость магнитного дрейфа сравнима со скоростью перемещения самого электрона и, следовательно, может возрасти до чего-то близкого к скорости света; скажем, 1/30 от этой скорости: но, несмотря на это, на расстоянии всего 1 миллиметра она практически не изменяется и составляет менее миллимикрона в столетие.

В любом соленоиде количество оборотов в амперах на погонный дюйм позволяет измерить скорость предполагаемой магнитной циркуляции вдоль оси - независимо от материала сердечника — в миллимикронах в секунду.

[1 микрон = 10^{-6} метров; 1 миллимикрон равен 10^{-9} метрам = 10^{-7} сантиметров, или миллионной доле миллиметра.]

Для достижения эфирной скорости в 1 сантиметр в секунду — такой, которую можно было бы обнаружить экспериментально с помощью усовершенствованных оптических приборов благодаря ее эффекту ускорения или замедления скорости света, передаваемого вдоль силовых линий магнитного поля, — потребовался бы соленоид большой длины, вокруг каждого сантиметра которого 3000 раз циркулирует 1000 ампер. То есть протяженное поле с интенсивностью в четыре миллиона единиц c.g.s.

Другими словами, любой поток вдоль магнитных силовых линий, такой, который мог бы составлять энергию магнитного поля, должен быть сопоставим в сантиметрах в секунду с одной четырехмиллионной от числа c.g.s. единиц интенсивности в магнитном поле.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ЗАКОН ФРЕНЕЛЯ ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ

Современный взгляд на закон Френеля можно сформулировать так:—

Внутри области, занятой материей, в дополнение к универсальному пространственному эфиру, находятся определенные модифицированные или наэлектризованные частицы, из которых состоят материальные атомы. Эти заряженные частицы, когда они движутся, обладают определенной инерцией из-за магнитного поля, окружающего каждую из них. И по причине этого свойства, а также вследствие их прерывистости, они фактически увеличивают оптическую плотность пространственного эфира, действуя по аналогии с грузами, распределенными вдоль гибкого шнура. Таким образом, они уменьшают скорость света в соотношении показателя преломления $\mu:1$, и, следовательно, могут быть приняты за увеличение виртуальной плотности эфира в соотношении $1:\mu^2$.

То есть их нагружение заставляет эфир вести себя по отношению к оптическим волнам так, как если бы — будучи однородной средой без этих прерывистых нагрузок — он имел плотность, в μ^2 раза превышающую ту, которую он имеет в пространстве вне материи. Называя плотность снаружи 1, дополнительная плотность внутри должна быть μ^2-1 , чтобы в сумме получилось μ^2 .

Часть μ^2-1 - это то, что мы называем "материей", и эта часть легко поддается передвижению, будучи подверженной механической силе, то есть ускоряемой ею. Свободная часть нормальной плотности 1 абсолютно неподвижна в отношении передвижения, независимо от того, находится ли она внутри или снаружи области, занятой обычной материей, поскольку она не поддается ни механическим, ни электрическим силам. Они передаются им, но никогда не заканчиваются на

нем; за исключением, конечно, особой структуры, называемой волновым фронтом, которая имитирует некоторые свойства материи.

(Если свободный или неизменный эфир вообще можно перемещать, то это должно происходить с помощью магнитного поля, вдоль линий которого он, как предполагалось в нескольких теориях, должен циркулировать. Однако даже это не является настоящим перемещением.)

Физо проверил то прямое следствие из этой теории, которое известно как Закон Френеля, и экспериментально установил, что поток воды ускоряет или замедляет луч света в зависимости от того, движется он вместе с потоком или против него. И он нашел величину эффекта в точном соответствии с отношением движущей части эфира к целому, — доля $(\mu^2 - 1) / \mu^2$ скорости воды, добавляемая к скорости света или вычитаемая из нее, когда луч был направлен вниз или вверх по потоку.

Но даже если бы был принят другой способ выражения, результат, которого можно ожидать от этого эксперимента, был бы тем же самым.

Ибо вместо того, чтобы говорить, что измененная часть эфира движется с полной скоростью тела, в то время как остальная часть неподвижна, для некоторых целей допустимо рассматривать весь внутренний эфир как движущийся с долей скорости тела.

Исходя из этого метода утверждения, эфир вне движущегося тела все еще абсолютно неподвижен, но по мере того, как тело продвигается, эфир можно рассматривать как постоянно конденсирующийся спереди и как бы испаряющийся сзади; в то время как внутри он течет через тело в его конденсированном состоянии с такой скоростью, что то, что эквивалентно нормальному количеству эфира в пространстве, может оставаться абсолютно неподвижным. С этой целью его скорость в обратном направлении относительно тела должна быть u / μ^2 и, соответственно, его скорость в прямом направлении в пространстве должна быть $u(1 - 1 / \mu^2)$.

Ибо рассмотрим кусок материи, движущийся плоско со скоростью u ; пусть его внутренняя эфирная плотность равна μ^2 , а внешний эфир плотностью 1 пусть неподвижен. Пусть поступательная скорость внутреннего эфира в пространстве равна xu , так что луч света в нем будет устремляться вперед с этой скоростью. Затем представьте две воображаемые параллельные плоскости, движущиеся вместе с плитой, одну перед ней, а другую внутри нее, и выразите тот факт, что количество эфира между этими двумя плоскостями должно оставаться постоянным. Количество, протекающее относительно назад через первую плоскость по мере ее перемещения, будет измеряться vu , умноженном на внешнюю плотность, в то время как количество, аналогично протекающее назад через вторую плоскость, будет $(u - xu)$, умноженное на внутреннюю плотность. Но эта последняя сумма должна равняться первой сумме. Другими словами,

$u \times 1$ должно равняться $(u - xu) \times \mu^2$.

Следовательно, x получается $x = (\mu^2 - 1) / \mu^2$; что является неопровержимым законом Френеля для конвективного эффекта движущегося прозрачного вещества на свет внутри него.

Весь предмет, однако, можно рассматривать более широко и для каждого направления луча в соответствии с главой X, таким образом:—

Внутри прозрачного тела свет распространяется со скоростью V/μ ; и эфир, который снаружи дрейфует со скоростью v , образуя угол θ с лучом, внутри может дрейфовать со скоростью v и углом θ .

Следовательно, уравнение для луча внутри такой материи равно

$$T = \int ds / ((V/\mu) \cos \varepsilon + v \cos \theta) = \text{мин.},$$

где $\sin \varepsilon / \sin \theta = v / (V/\mu) = \alpha$.

Это может быть написано

$$T = \int \cos \varepsilon ds / V/\mu (1 - \alpha^2) - \int v \cos \theta ds / V^2/\mu^2 (1 - \alpha^2);$$

только второй член включает первую степень движения, и, предполагая, что $\mu^2 v \cos \theta = d\phi/ds$, и рассматривая α как величину, слишком малую, чтобы ее возможные вариации требовали внимания, выражение становится

$$T = \mu T \cos \varepsilon / (1 - \alpha^2) - (\phi_B - \phi_A) / V^2(1 - \alpha^2),$$

T - время прохождения через одно и то же пространство в пустом состоянии. Теперь, если время прохождения и курс луча, как бы на них ни влияло плотное тело, не должны быть более подвержены влиянию эфирного дрейфа через него, чем если бы это было такое большое пустое пространство, необходимо, чтобы разница потенциалов между двумя точками А и В была одинаковой независимо от того, заполнено пространство между ними плотной материей или нет (или, скажем, проходит ли путь луча через часть плотной среды или за ее пределами). Другими словами (называя ϕ внешней и ϕ внутренней потенциальной функцией), чтобы гарантировать, что T ничем не будет отличаться от μT в зависимости от первой степени движения, необходимо, чтобы $\phi_B - \phi_A$ было равно $\phi_B - \phi_A$: т. е. Чтобы потенциал внутри и снаружи вещества был одинаковым с точностью до константы, или чтобы $\mu^2 v \cos \theta = v \cos \theta$; что для случая дрейфа вдоль луча в точности соответствует гипотезе Френеля.

Другой способ изложить суть дела - сказать, что в первой степени скорости дрейфа

$$T = \mu t - \int (\mu^2 v' \cos \theta' - v \cos \theta) ds / V^2,,$$

и что второй или мешающий член должен исчезнуть.

Следовательно, гипотеза Френеля относительно поведения эфира внутри материи эквивалентна предположению, что потенциальная функция, $\int \mu^2 v \cos \theta ds$, существует во всем прозрачном пространстве, поскольку речь идет только о движении эфира.

Учитывая это условие, никакого интерференционного эффекта первого порядка из-за дрейфа нельзя получить от неподвижной материи, посылая лучи по какому-либо замкнутому контуру; также путь луча не может быть изменен эфирным дрейфом через какую-либо неподвижную материю. Следовательно, заполнение трубы телескопа водой не может изменить наблюдаемую величину звездной аберрации.

Уравнение для луча в прозрачном веществе, движущегося со скоростью u в направлении ϕ и подверженного независимому эфирному дрейфу скорости v в направлении θ , является

$$\int ds / (V/\mu \cos \varepsilon + v/\mu^2 \cos \theta + u[1 - (1/\mu^2)] \cos \phi) = \text{константа}.$$

СНОСКИ:

- [1] См. Лодж и Ховард, *Philosophical Magazine* за июль 1889 года. См. также *Phil. Mag.*, август 1888 г., стр. 229.
- [2] Ср. разделы 157А, 143, 187 и главу xvi моих *современных взглядов на электричество*.
- [3] *Радиян* - это название, данное профессором. Джеймса Томсона к единице измерения угла окружности, угла, дуга которого равна его радиусу, или примерно 57 °.
- [4] Слово "стационарный" неоднозначно. Я предлагаю использовать слово "застойный" как означающее стационарный по отношению к земле, то есть в противоположность стационарному в космосе.
- [5] Лорд Рэлей, *Природа*, 25 марта 1892г.
- [6] Похоже, никто не заметил, что в Вопросе 22, процитированном во Введении к настоящей книге, Ньютон, кажется, делает любопытный намек в том же направлении, хотя он тут же снова отказывается от него. Похоже, он не очень тщательно *редактировал* свои запросы; вероятно, они были опубликованы посмертно.
- [7] Однако, выполнив арифметические расчеты, я нахожу необходимую концентрацию абсурдно большой, показывая, что такой массы совершенно недостаточно. (См. Приложение 1.)
- [8] См. Лодж, *Philosophical Magazine*, апрель 1907 г. Также Приложение 2 ниже.
- [9] Адрес Секции А Британской ассоциации в Монреале, 1884.
- [10] *Философский журнал*, декабрь 1887г.
- [11] *Архив Néerlandaises* (1869), том. IV, стр. 443, или *Природа*, том XXVI, стр. 500. Также Глава IV выше.

Примечания переписчика

Исправлены очевидные пунктуационные и орфографические ошибки, а также непоследовательные расстановки переносов.

Номера страниц для пустых страниц и страниц, полностью состоящих из иллюстраций, не отображаются.

Для большей наглядности к некоторым уравнениям были добавлены круглые скобки.

Лигатуры oe и ae в тексте оставлены в том виде, в каком они представлены в оригинальной книге. Если эти или различные математические символы отображаются неправильно,

возможно, у вас несовместим браузер или недоступны шрифты. Убедитесь, что в "наборе символов" браузера или "кодировке файла" установлено значение Unicode (UTF-8). Вам также может потребоваться изменить шрифт вашего браузера по умолчанию.

Остальные внесенные исправления обозначены строками под исправлениями. Наведите указатель мыши на слово, и отобразится исходный текст.

В неоднозначных случаях текст оставлен таким, как он представлен в оригинальной книге.